#62

ISSN 0582-415X

西水研研報
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.
(62), 1985

BULLETIN OF THE SEIKAI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

No. 62
March 1985

西海区水産研究所研究報告

第62号

西海区水産研究所
長崎市国分町49

昭和60年3月

平戸島志々伎湾におけるマダイ未成魚の分布様式と摂餌生態

木　曾　克　裕*,**

On the Feeding Habit and Mode of Distribution of Immature Red Sea Bream (*Pagrus major*) in Shijiki Bay, Hirado Island, Japan

Katsuhiro Kiso*,**

Immatures of red sea bream collected by "Gochi trawl" in Shijiki Bay, Hirado Island from April 1975 to August 1978 were examined. The growth, mode of distribution and changes of stomach contents with size and season in immature stage were investigated.

The immature stage starts on October of the first year. In the latter half of the third year some of them become over 27 cm in body length, which is regarded as its biological minimum size. There are two age groups of immature (0 age-group and 1 age-group) in this bay from October to April. They present different population densities. That of 1 age-group compared with that of 0 age-group varies from 1/5 to 1/10 during the period of October to December, and this ratio becomes smaller from January on. From October to December, the 0 age-group is distributed around the reef of the inmost part of the bay, and the 1 age-group is distributed mainly around the reef of the central part of the bay.

The immatures take Polychaeta, Brachyura and Natantia as their main food. They often take Mysidacea, Gammaridea and Ophiuroidea, too. Compared with juvenile or young stage, in this immature stage the composition of stomach contents shows large variation among individuals, and no marked change of composition with size. The composition of their stomach contents showed seasonal changes, and these changes had different characteristics in each group.

昭和59年5月9日受理（Recieved May 9, 1984）
西海区水産研究所業績第419号（Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No.419）
本報告の一部は1980年10月，昭和55年度日本水産学会秋季大会（福岡市）において発表した．

* 西海区水産研究所　〒850 長崎市国分町49（Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, Kokubu-machi, Nagasaki 850, Japan）
** 現在　東北区水産研究所　〒985 塩釜市新浜町三丁目27—5（Present address: Tohoku Regional Fisheries Research Laboratory, Shinhama-cho Shiogama, Miyagi 985, Japan）

はじめに

矢野[1]は瀬戸内海産マダイを主として漁獲物の銘柄別に検討し，その発育段階を形態と生態から区分して，体長20〜40㎜を稚魚期，40〜120㎜を幼魚期，120〜250㎜を未成魚期，250㎜以上を成魚期とし，生後満4年で成熟し最小成熟体長は体長27cmであるとしている．また福岡県筑前海域ではマダイの成熟年齢は3〜4歳であり，1〜3歳魚を若魚期（本報告における未成魚期に対応する）とみている[2]．

木曾[3,4]は志々伎湾に生息するマダイ当歳魚のうち主として幼・稚魚期における摂餌生態について述べ，稚魚期から幼魚期（一部は未成魚期まで）への移行過程での餌の変化を明らかにした．マダイ当歳魚は大村湾[5]，有明海[6]，油谷湾[7]などでは，秋季には成育場である内湾から，湾外や湾口部の深所へ移動することが知られている．畔田ら[8]は志々伎湾ではマダイ当歳魚の主群はその分布状態からみて8・9月に湾外へ逸散するとしているが，同時に外海の影響の強いこの湾にはその一部が冬季にも残留し，湾中央部はその越冬場ともなっていることを指摘している．また，密度は当歳魚より低いが，1歳以上のマダイも周年湾内で採集されている[9]．

未成魚期マダイの食性に関する報告[10-13]は少なく，特に沿岸域のものに関しては断片的なものを除くとほとんどみられない．岡田[10]によると，黄海のマダイ（当歳魚，平均尾叉長13.77cmおよび13.55cm）の食物は出現頻度，胃内容物に占める割合（重量%）とも小形 Macrura が圧倒的に高く，次いで Polychaeta が高いという．近縁種では，ニュージーランド Western Bay of Plenty のゴウシュウマダイ（*Pagrus auratus*)* の胃内容物組成（容量%）は体長12.5〜25cmの間では Crustacea（15cmまでは Mysidacea が，それ以上では Brachyura が多い)，Polychaeta，Echinoidea がそのほとんどを占めている[15]．また，アメリカ合衆国 North Calorina および South Calorina 沖の体長13〜16.2cmのヨーロッパマダイ(*Pagrus pagrus*)* の胃内容物組成（容量%）は Echinoidea が多く，次いで Stomatopoda，Polychaeta が多い[16]という．

マダイにとって，稚魚期・幼魚期という急激な成長期を過ぎ，生殖に関与する成魚期までの期間は形態的にも生態的にも幼魚と成魚の中間の性質をもっているといえる．この期間は成熟に達するまでエネルギーを蓄積するための成育過程と位置づけることができる．この時期における摂餌の方法や餌の内容は索餌群としての未成魚の分布様式や成長を決定する主たる要因であると考えられる．これらの見地から，マダイの生活様式を知るためには，幼・稚魚期とは異なる未成魚期の摂餌生態を明らかにする必要がある．本報告では，志々伎湾内で採集した10月以降の当歳魚と1歳魚を中心に，一部2・3歳魚を含めた未成魚期マダイの分布と胃内容物組成について述べ，併せて未成魚期当歳魚と1歳魚の胃内容物と両者の分布様式を比較して，志々伎湾における未成魚期マダイの摂餌生態の特性を明らかにする．

本文に先だち，この報告に関して種々の御助言と御援助をいただいた西海区水産研究所伊東祐方元底魚資源部長（現東海区水産研究所資源部長），畔田正格浅海開発部第2研究室長，最首光三元日本海区水産研究所企画連絡室長をはじめタイ類特別研究志々伎グループの各位，胃内容物調査について御指導と御援助をいただき本報告を御校閲下さった長崎大学教育学部東幹夫教授，本報告とりまとめに際し貴重な御意見をいただいた南西海区水産研究所本城康至企画連絡室長に対し厚くお礼申し上げる．調査に御理解を示され種々の御援助と御便宜をいただいた志々伎漁業協同組合の組合員・職員の方々をはじめ地元の皆様に対し厚くお礼申し上げる．また，本報告の発表の機会を与えていただいた西海区水産研究所佐藤重勝所長に感謝する．

材料と方法

1975年4月から1978年8月の間に長崎県平戸島志々伎湾において吾智網を用いてマダイを採集した（Fig.

＊種名は赤崎[14]に従った．

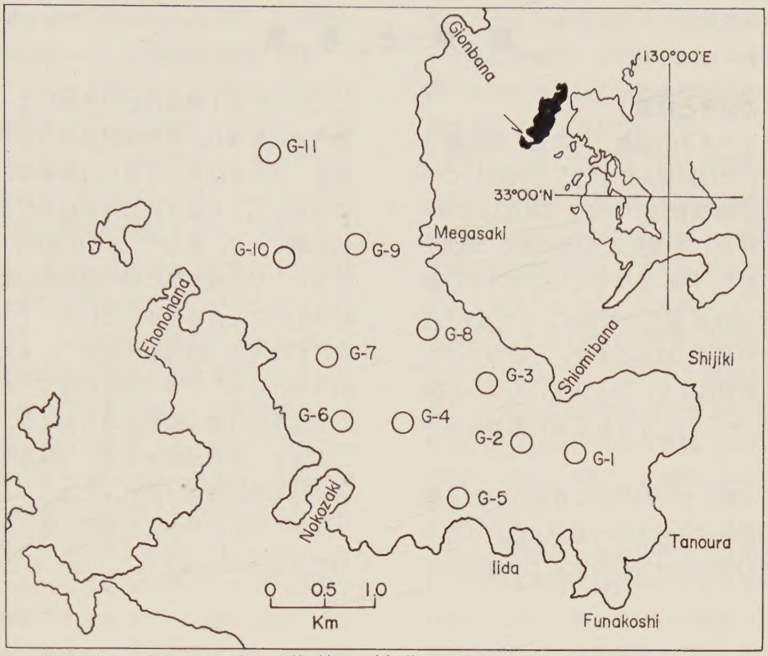


Fig. 1. 志々伎湾の採集定点
Map of Shijiki Bay showing the sampling stations and their position relative to Hirado Island (solid).

1）．採集したマダイは10%ホルマリン液で固定し，尾叉長と体重を測定し，尾叉長によって当歳魚・1歳魚・2歳魚以上に区分した．これらのうち尾叉長10cm以上の個体423尾の胃内容物を木曾[3] と同様な方法により観察した．これによって得た資料を木曾[3] で用いた個体数法（全調査個体の胃内から，n 種類の餌料生物が出現し，そのうちある餌料生物 k の個体数を X_k とすると，k が餌料生物の中に占める割合：%Nは，$\%N = X_k / \sum_{k=1}^{n} X_k \times 100$ で表わされる.），点数法（復元法の一種．全調査個体の胃内から n 種類の餌料生物が出現し，そのうちある餌料生物 k の個体数を X_k とし，k 1個体あたりの大きさに応じて点数 P_k を与えると，k の点数が全点数に占める割合：%P は $\%P = P_k \cdot X_k / \sum_{k=1}^{n} P_k \cdot X_k \times 100$ で表わされる.），出現頻度法（全調査個体数を N とし，そのうちある餌料生物 k を摂っていた魚の個体数を n_k とすれば，k の出現頻度：%F は $\%F = n_k / N \times 100$ で表わされる.）によって体長階級ごとおよび年齢別・採集月ごとに解析した．また，1975年8月から1976年4月の間に採集した異なる年級群（当歳魚と1歳魚）の分布様式を月ごとに Morisita の集中度指数 I_δ[17]，および重複度指数 C_δ[18] を用いて比較し，胃内容物組成と併せて検討した．I_δ は木曾[4] と同様の方法で求め，C_δ は以下のように求めた．

$$C_\delta = \frac{2\sum_{i=1}^{q} nx_i \cdot ny_i}{(\delta_x + \delta_y) N_x \cdot N_y} \qquad (0 \leqq C_\delta \leqq 1)$$

$$\delta_x = \frac{\sum_{i=1}^{q} nx_i (nx_i - 1)}{N_x (N_x - 1)}, \quad \delta_y = \frac{\sum_{i=1}^{q} ny_i (ny_i - 1)}{N_y (N_y - 1)}$$

ただし　q　：操業した吾智網の定点数

nx_i, ny_i ：i 番目に操業した吾智網で採集した1974年級群 x，1975年級群 y の個体数

N_y, N_y ：$N_x = nx_1 + nx_2 + \cdots nx_i \cdots + nx_q$

$N_y = ny_1 + ny_2 + \cdots ny_i \cdots + ny_q$

これらの結果によって志々伎湾における未成魚期マダイの分布様式と摂餌生態について考察した．

結 果 と 考 察

未成魚期マダイの分布と成長

志々伎湾におけるマダイ当歳魚（特に幼・稚魚期）の分布と成長については畔田ら[8] が詳しく報告している．マダイの定点別採集数については当歳魚は木曾[3] の Suppl. table 1 に，1歳魚以上は本報の Suppl. table 1 に示してある．Fig. 2 に主として胃内容物調査に用いたマダイの体長測定の資料によって求めた* 志々伎湾におけるマダイの成長を示す．この項ではこれらの報告および資料により，志々伎湾における未成魚期を中心としたマダイの分布と成長の概要を述べる．

3月中旬～6月上旬に平戸島周辺で産卵されたと推定されるマダイの仔魚は3月下旬～6月上旬には志々伎湾外一帯から湾口部にかけて分布する[19]．底生生活に入ったマダイ稚魚は底びき網によって5月初旬より湾内で採集され，その尾叉長は5月初旬で1～2 cmである．マダイは6～7月には湾奥部の細砂域に集中的に分布し[3]，6月下旬には平均尾叉長は4 cmを超え，幼魚期に入る．東ら[20] は6月中旬のマダイ（稚魚期に当る）が魚類群集の中で食地位の安定性と優位性を持っていることを指摘している．7月下旬から8月にかけては湾内で分布域を拡大し，8月中旬には尾叉長約9 cmになる[8]．9～12月には多くが湾外へ移動するため採集数は減少傾向がみられるが，時には8月以前に匹敵する尾数が湾奥を中心に採集される[8]．9～10月には平均尾叉長は約11cmに達し，一部は12cmを超えて矢野[1] の示した未成魚期に入る．さらに11月には平均尾叉長は15.1cmとなり，ほとんどが未成魚期に入

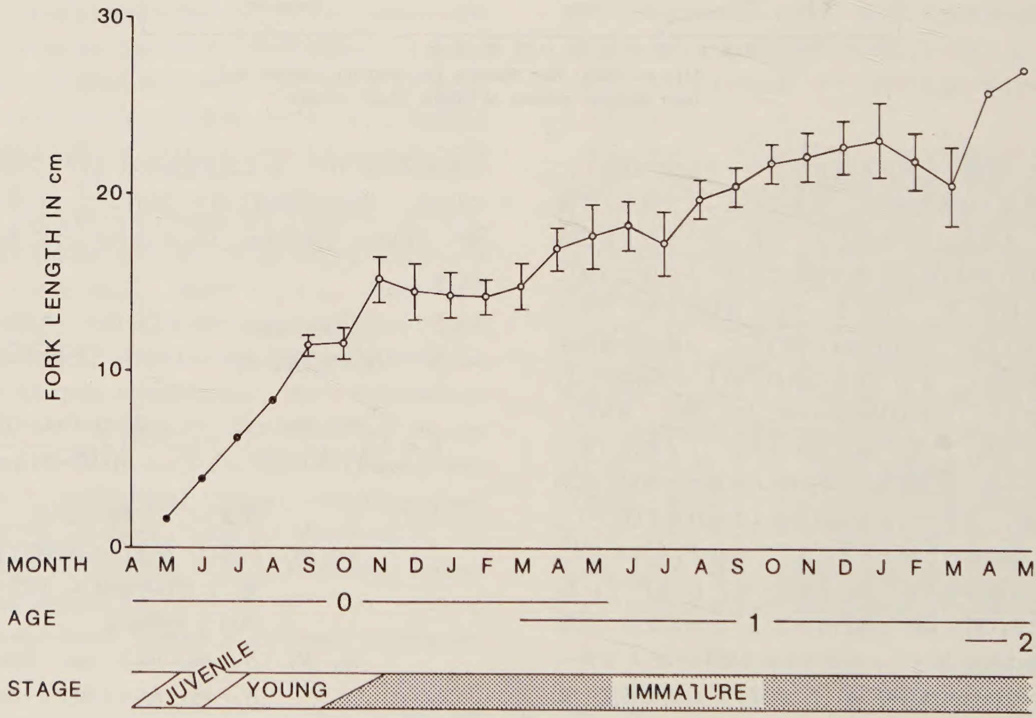


Fig. 2. 志々伎湾のマダイの成長
The growth of red sea bream in Shijiki Bay.
○ : mean of fork length, ⊢⊣ : standard deviation, ● ; estimated with AZETA et al.[8]

＊幼・稚魚期（8月まで）については畔田ら[8]により，1975～1977年の平均値を用いた．

る．水温の最低期にあたる翌年1～3月[21] にも湾中央部の岩礁域を中心にマダイ当歳魚が越冬する[8]．Fig. 2 に示すように12～3月における平均尾叉長は14～15cmで，この期間はほとんど成長していない．4月に入り1歳魚になったマダイは湾外からの加入もあり湾奥へも分布域を拡げ，5月から7月にかけては湾奥部を中心に湾内の広い範囲で採集される．平均尾叉長は4月には16.8cm，6月には18.1cmとなる．9月以降採集数は減少し，8～9月を境に大部分のものは湾外に去るようである[8]．しだいに数は減少するものの，1歳魚は12月までは湾中央部から湾奥部にかけて分布する．この時期の成長は比較的速く，その平均尾叉長は8月には19.6cm，10月には21.6cm，12月には22.5cmとなる．水温の低い1～3月には，当歳魚と同様に湾中央部の岩礁域で採集されるが，その数は非常に少ない．またこの時期にはほとんど成長がみられない．2歳以上のマダイは湾内では非常に稀であるが，春季から夏季に採集されることがある*．2歳の夏季には一部はマダイの最小成熟体長と言われる体長27cm[1] に達する．志々伎湾のマダイの成熟年齢は不明であるが，マダイの年齢別・月別体長が志々伎湾と近い値を示し同一系群とみられる福岡県筑前海産のものでは成熟年齢は3～4歳とされている[2]．

Fig. 2 に示した成長は湾内の採集個体を用いて表わしたので個体群の成長を適切に反映していない可能性がある．なぜならば，当歳魚・1歳魚とも1～3月には湾外を生息場所としている個体が多いと推定されるからである．しかし，この結果から2歳までの成長を阪本ら[22] により既往の知見と比較すると，三尾[23] の北九州，阪本ら[22] の紀伊友ケ島および明石，村上・真道[24] の天草海域のマダイの成長に近く，赤崎[25] の若狭湾，矢野（未発表）の燧灘，国行ら[26] の広島中部，岡田[27] の東シナ海・黄海のマダイに比べて速い成長を示している．

次に1975年4月から1976年8月までに吾智網で採集した1974年級群（1976年3～4月までは1歳魚，それ以降は2歳魚）および1975年級群（1976年3～4月までは当歳魚，それ以降は1歳魚）を用いて年齢の異な

Table 1. 吾智網で採集した1974年級群と1975年級群の1定点あたりの採集尾数（N/Stn.），MORISITA の集中度指数 I_δ および両年級群の分布の重複度指数 C_δ の季節変化．(1975年級群は稚魚・幼魚も含む)

Seasonal changes of N/Stn., I_δ (an index of the dispersion of individuals) of 1974 and 1975 year class, C_δ (an index of interspecific overlapping) between two classes. All of them are culculated from the red sea bream collected by Gochi trawl.

N/Stn.: individual number of red sea bream/number of operated, 74 : 1974 year class, 75 : 1975 year class

		1975 Apr.27	May 8	May17	May31	Jun. 11・12	Jun.21	Jul. 1	Jul.16	Aug.20	Sep.19	Oct.26	Nov.15
N/Stn.	74	2.20	3.40	7.91	8.33	16.77	6.92	1.45	5.09	13.54	2.55	2.45	2.45
	75	—	—	—	1.89	8.62	8.25	28.18	21.91	5.91	14.36	13.55	1.45
I_δ	74		3.63	2.48	2.36	1.65	3.11	3.10	2.64	3.29	1.54	1.94	2.63
	75	—	—	—	2.24	2.44	7.75	3.33	3.38	3.14	9.67	5.95	11.00
C_δ		—	—	—	0.24	0.84	0.16	0.76	0.14	0.46	0.41	0.39	0.30

		1975 Dec.16	1976 Jan.24	Feb.15	Mar.16	Apr. 8	Apr.24	May 8	May19	Jun. 2	Jun.18	Jul.21	Aug.19
N/Stn.	74	8.82	1.27	1.00	0.18	0.27	0.64	0.55	1.81	—	0.09	—	0.09
	75	40.36	7.82	30.64	8.55	10.91	11.73	12.64	16.45	16.09	6.45	7.64	4.64
I_δ	74	2.75	2.66	1.20	11.00	0.00	1.57	2.93	5.38	—	—	—	—
	75	7.00	1.95	2.09	2.79	4.83	4.90	4.48	4.86	4.86	2.80	1.69	2.91
C_δ		0.11	0.54	0.68	0.30	1.44	0.53	0.31	0.21	—	—	—	—

＊1975年8月には4年間の調査期間に採集された標本中の最大個体（尾叉長51.4cm）が湾中央部で漁獲された．

る両群の分布様式を比較した．両年級群の定点別採集数を Suppl. table 1 および木曾[3] の Suppl. table 1 に，1定点あたりの採集数，各年級群の分布の集中度指数 I_δ[17] および両年級群の分布の重複度指数 C_δ[18] の季節変化を table 1 に示す．

1歳魚となった1974年級群の1定点あたりの採集数は1975年4月および5月上旬には2～3.5尾であるが，5月中旬から8月までは7.9～16.8尾と比較的高い値を示す．9月以降には12月を除くとその値は低下し，翌年2月以降にはほぼ1尾以下となり，2歳魚の6月からは稀にしか採集されなくなる．一方，1975年級群は5月末より採集され，1定点あたりの採集数は幼魚期の初期にあたる7月上旬～中旬に20尾以上となる．8月以降11月までの値は7月よりも低下する．冬季には12月・2月のように多獲されることもあるが，6月上旬までは10尾前後を示している．1歳魚の6月中旬～8月には4～8尾となる．

両年級群の I_δ の値をみると，1974年級群の I_δ は1975年5～8月にはほぼ2.0～3.5を示し，9・10月には1.5～2.0とやや低下するが，11～2月までは比較的安定している．3月以降は採集数が極端に低下するため変動が大きくなる．一方，1975年級群の I_δ の値は幼・稚魚期には木曾[4] に示したように6月中旬に極大値（7.8）を示し，8月下旬までは生活領域を拡大してゆくのに伴って低下する．9～12月には湾全体の個体群密度は低下するが，湾奥部の岩礁周辺（G1）が相対的に密度の高いすみ場所となっているため I_δ は高い値を示す．水温の低下する1～3月には湾奥部の岩礁域（G5）や湾中央部の広い範囲にすみ場所が移り I_δ=2.0～2.8 と集中度は低下する．4月に入ると湾奥部の岩礁域（G5）や湾中央部の岩礁周辺（G4）を中心に分布し I_δ=4.8 と集中度は再び高くなる．

1975年級群が幼魚期の後期にあたる1975年8月から1歳魚となる1976年4月までの両年級群間の C_δ の値をみると，8・9月は0.5～0.4を示しているが，当歳魚が未成魚期に入る10・11月には漸減し，12月には最低を示す．水温の低い1月以降には両年級群とも奥部および湾中央部の岩礁域をすみ場所としており C_δ はやや高い値を示す．

未成魚期マダイの摂餌生態

1） 体長別にみた胃内容物組成の変化

湾内で採集した尾叉長10cm以上のマダイの標本の胃内容物を観察し，全ての試料について尾叉長と捕食している生物との関係を検討した．胃内容物の観察に用いた体長階級ごとの試料数を Table 2 に示す．

個体数法により尾叉長階級ごとに胃内容物組成を求めた（Fig. 3）．胃内に餌として出現する生物の中では比較的小形の生物である Mysidacea，Gammaridea，Isopoda などが大きな比率を示すことが多い．しかし，これは主としてごく少数のマダイがこれらの生物を多数摂食していたためであり，個体により胃内にみられる生物の種類の違いが大きいため，大きな比率を示す餌料生物は入れ替りが激しい．Mysidacea は尾叉長10～12.5cmで80%，22.5～25cmで60～80%の割合を占め，幼魚期に捕食されているものより大形のものであることが多い．飽食状態のマダイ未成魚の胃内から70～90個体の Mysidacea が見出されることがある．Gammaridea は尾叉長12.5～15cmで約60%，30～32.5cmで90%を占めた．幼魚期マダイに捕食されている Gammaridea は体長2～3㎜のものが多いのに対し，未成魚期マダイに捕食されているものは4～10㎜の大形のものが多く，そのほとんどがスガメソコエビ科に属する．これらは飽食状態の未成魚の胃内から150～200個体も見出されることがある．一方，大形の餌料生物としては Polychaeta，Natantia，Brachyura，Decapoda，Bivalvia，Pisces などがマダイの胃内容物としてみられる．これらのうちでは Poly-

Table 2. 尾叉長ごとにみた胃内容物を観察したマダイ未成魚の個体数および胃内容によって区分した個体数
Primary summary of observations of stomach contents in the immature red sea bream.

Fork length in cm	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0	Total
Numbers of stomach for observation	58	104	101	53	51	37	12	4	3	423
Stomachs in which food animals were observed	42	73	71	36	37	32	11	4	2	308
Stomachs in which unidentified and digested matter was only observed	3	8	15	6	5	1	1	0	0	39
Empty stomachs	13	23	15	11	9	4	0	0	1	76

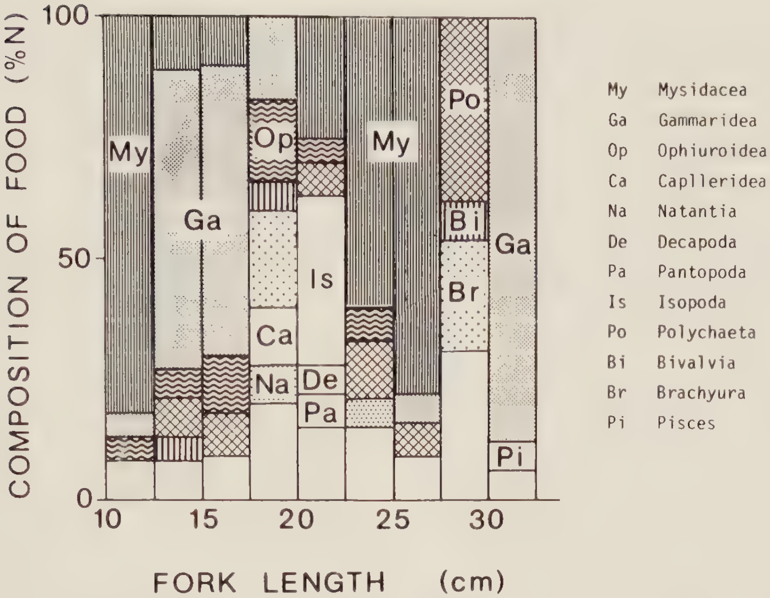


Fig. 3. 尾叉長ごとにみた胃内容物組成（個体数%）
Changes of stomach contents with length (numerical percentage[3]).

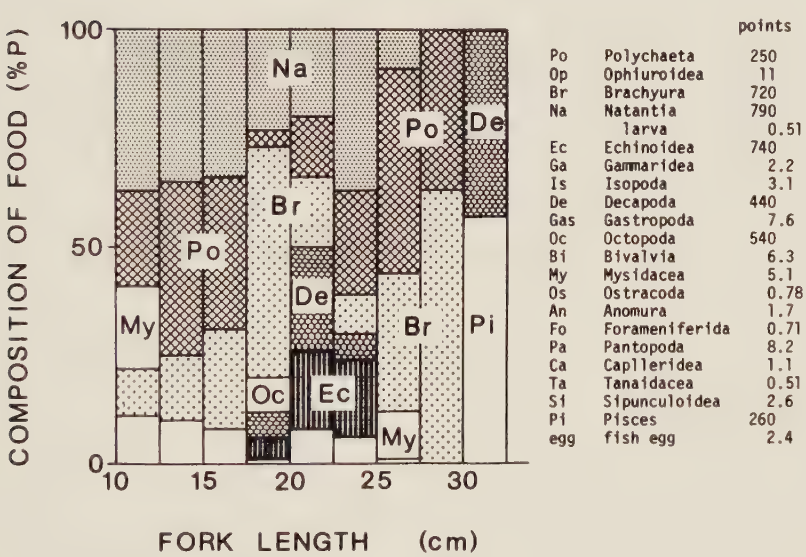


Fig. 4. 尾叉長ごとにみた胃内容物組成（点数%）
Changes of stomach contents with length (point percentage[3]).

chaeta が未成魚期を通じて最も多くマダイに捕食されている．未成魚期マダイの胃内に見られる Polychaeta は幼魚期と比べてオフェリアゴカイ科のものが減少し，ゴカイ科などが多い．Natantia はキシエビ，エビジャコ，テッポウエビなどの全長1.5〜4 cmくらいのものが胃内にみられる．Brachyura は甲長1〜2 cmのものが多い．未成魚期マダイの胃内に見られた Decapoda は全てダンゴイカ科のもので，その外套

長は1～3cm程度である．Bivalvia はごく小形のものを除くと水管のみが胃内より見出されることが多い．Pisces ではエソ類幼魚，カタクチイワシ，ヨウジウオ類幼魚，ハゼ類（スジハゼなど）等が捕食されていた．

次に，マダイが重量として多く取り入れている．すなわち主要な栄養源としていると考えられる生物の現われ方を点数法により同一試料について解析した (Fig. 4)．餌料となっている生物の点数は，主として未成魚期マダイの胃内より出現した消化の進んでいない胃内容物の平均体重から，また出現頻度の少ないものについては木曽[28]に示す餌料生物ごとの点数から，有効数字2桁として Fig. 4 に示すように定めた．なお，1点は湿重量 1mg に相当し，Copepoda の重量を1点とした木曽[3,28]の点数の100倍に相当する．結果は Fig. 4 に示すように Natantia, Brachyura, Polychaeta が未成魚期を通じて高い割合を占めている．また Decapoda, Octopoda, Echinoidea などの幼魚期以前にはほとんど摂られていないものも見出される．個体数では尾叉長30cmに至るまで多数摂られている Mysidacea や Gammaridea の比率は低く，これらは栄養源としては補完的な意味を持っているものと考えられる．個体数法と大きく異なる要因は捕食されている生物の多くが大形であり，小形の餌を摂っているマダイはその餌生物のみを多数摂食していることがあるためであり，これらは未成魚期マダイの摂餌の特色を示していると考えられる．

出現頻度法により，同一試料について主要な餌料生物ごとにそれらを捕食しているマダイの割合を求めた (Fig. 5)．個体数法で高い割合を占める Gammaridea の出現頻度は，尾叉長17.5cmまでは50～60％であるが，17.5cmを超えると低下して20～40％を示す．幼魚期の終りころの重要な餌料である Mysidacea は尾叉長10～12.5cmでは40％，以後15～17.5cmでみられないほかは10～30％の頻度で出現する．未成魚期を通じて主要な栄養源となっていると考えられる Natantia, Brachyura, Polychaeta についてみると，Natantia は未成魚期を通じて20％前後，Brachyura は尾叉長15cm以下では10％以下であるが15cmを超すと10～50％，Polychaeta は未成魚期を通じて比較的高く尾叉長15～17.5cmでやや低い値を示すほかは20～50％の出現頻度を示している．個体数法では尾叉長25cmまで5～10％の割合を示す Ophiuroidea は未成魚期を通じて20～30％の出現頻度を示している．幼・稚魚期ではある一定の時期に圧倒的に多くの個体が特定の生物 (Copepoda, Gammaridea, Mysidacea) を摂ってい

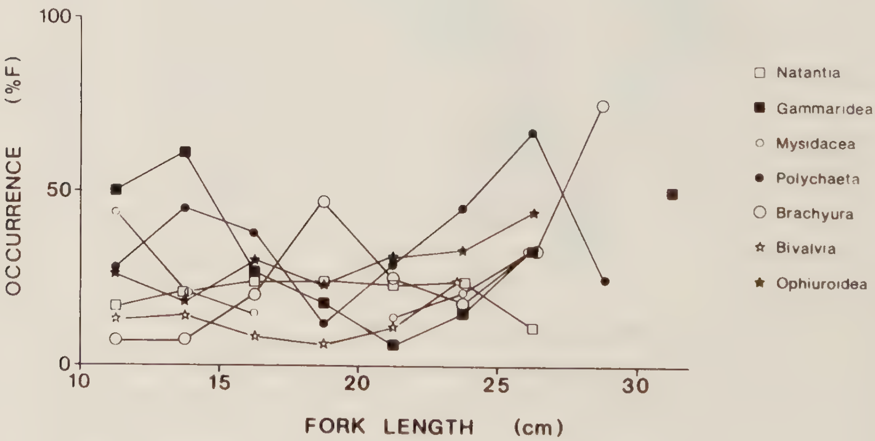


Fig. 5. 尾叉長ごとにみた主な餌生物の胃内への出現頻度
Changes of frequency of occurrence of food organisms in the stomach with length (occurrence percentage[3]).

る[3]のに対し，未成魚期ではそのようなことは認められない．

これら3種の解析法を総合して未成魚期マダイの食物について考察する．未成魚期では，幼魚期に大多数の個体によって捕食され，個体数でも点数でも大きな比率を占めていた Mysidacea や Gammaridea の出現頻度は低くなり，Polychaeta，Natantia，Brachyura などの出現頻度が高まる．未成魚期ではある体長範囲で多くの個体が依存している餌料生物はみとめられない．同時に採集されたものでも個体差が大きく，ある個体はこの時期のマダイの餌としては小形の Mysidacea や Gammaridea を多数摂り，別の個体では大形の餌を少数摂るといった摂餌方法をとっている．志々伎湾のマダイは未成魚期を通じて Polychaeta，Brachyura，Natantia，Mysidacea，Gammaridea，Ophiuroidea などをその主要な餌料としている．

2）年齢別にみた胃内容物組成の季節変化

前節で述べたように未成魚期には特定の体長範囲で多数の個体が依存している餌料生物はみとめられなかった．Fig. 2 に示すように未成魚期では幼・稚魚期に比べて成長が遅く，体長の個体差が大きい．そのため体長ごとの胃内容物組成は採集時期ごとに比べた胃内容物組成と必ずしも対応していない．そこで1975年7月から1976年6月に採集した尾叉長10cm以上の個体を用いて前節と同様な解析法により年齢群別（1975年級群と1974年級群）* に胃内容物組成の月ごとの変化を検討した．

まず個体数法によって検討する（Fig. 6）．1975年級群についてみると Gammaridea，Mysidacea，Ophiuroidea の3分類群はほぼ全期間にわたり胃内容物に大きな割合を占めている．Gammaridea は1975年8月に多く，以後12月まで減少し10%以下となる．さらに翌年1～3月の間は高い割合を示し，4月以降再び減少する．Mysidacea は1975年10月・12月，1976年4月・6月が特に多い．Ophiuroidea は1976年1・3・4月が少ない．これら3群より大形の生物では Polychaeta が9・10月および12～3月に比較的多い．

1974年級群についてみると1975年級群と比べて月ごとのバラツキが大きい．Gammaridea は1975年級群より大幅に少ない．Mysidacea はほぼ全期間を通して大きな割合を占め，1975年級群と同様に10・11月と翌年1月が特に多い．Isopoda は2・3月に多い．これらのほかには Brachyura，Natantia などがみられるが，季節的な変化傾向はみられない．

志々伎湾の表在性ベントスの季節変化を調べた東[29]によれば，Gammaridea の分布量はマダイ未成魚の分布しない湾奥アマモ場の定点を除けば各点とも1976年4～6月が多く，Mysidacea は1975年8・12月，1976年4～6月が多い．また，Ophiuroidea は湾奥細砂域では，1976年1～6月が多く，特に1月と6月が多い．これらの表在性ベントスと胃内容物組成の季節変化を対比すると，Mysidacea は比較的一致しているが，その他では必ずしも一致していない．これは未成魚期マダイは岩礁周辺で多く採集され，マダイが摂餌した場所とベントスの採集場所（砂底）とが異っていること，未成魚は幼・稚魚に比べて採集数が少なく空胃の個体が多い上に同一採集点で採集された未成魚の間で胃内容物組成の個体差が大きいことなどが主な原因になっていると考えられる．

次に同一試料について点数法により解析した（Fig. 7）．1975年級群では8月から翌年7月まで Natantia，Polychaeta，Brachyura の3分類群が，重量としては胃内容物のほとんどを占めている．これらが胃内容物組成に占める割合をみると，Natantia は全期間を通じて比較的安定してみられるのに対し，Polychaeta は冬季とくに12～2月に多く，Brachyura は生まれた年の翌年の4月から多くなるという傾向がみられた．これらのほかには Ophiuroidea，Pisces，Mysidacea などがみられる．Ophiuroidea は12月までが比較的多く，以後は少なくなる．Mysidacea，Pisces については特に季節的な傾向はみられなかった．一方，1974年級群をみると，採集数の比較的多かった7～12月には月ごとの胃内容物組成も一定の季節変化を示しているのに対し，採集数が極端に減少する1月以降には月ごとの胃内容物組成はバラツキが大きい．12月までの組成をみると，1975年級群と同様 Brachyura，Natantia，Polychaeta が多いが，組成の季節変化は1975年

*志々伎湾へ加入するマダイの産卵盛期は4月上旬～5月上旬と推定されている[19]ので，1975年7月～1976年3ないし5月には1975年級群は当歳魚，1974年級群は1歳魚であり，それ以降はそれぞれ1歳魚・2歳魚となる．このように年齢が3～5月に変わるため，この節ではそれぞれの年齢群を表わすときにも「1974年級群」「1975年級群」の名称を使う．

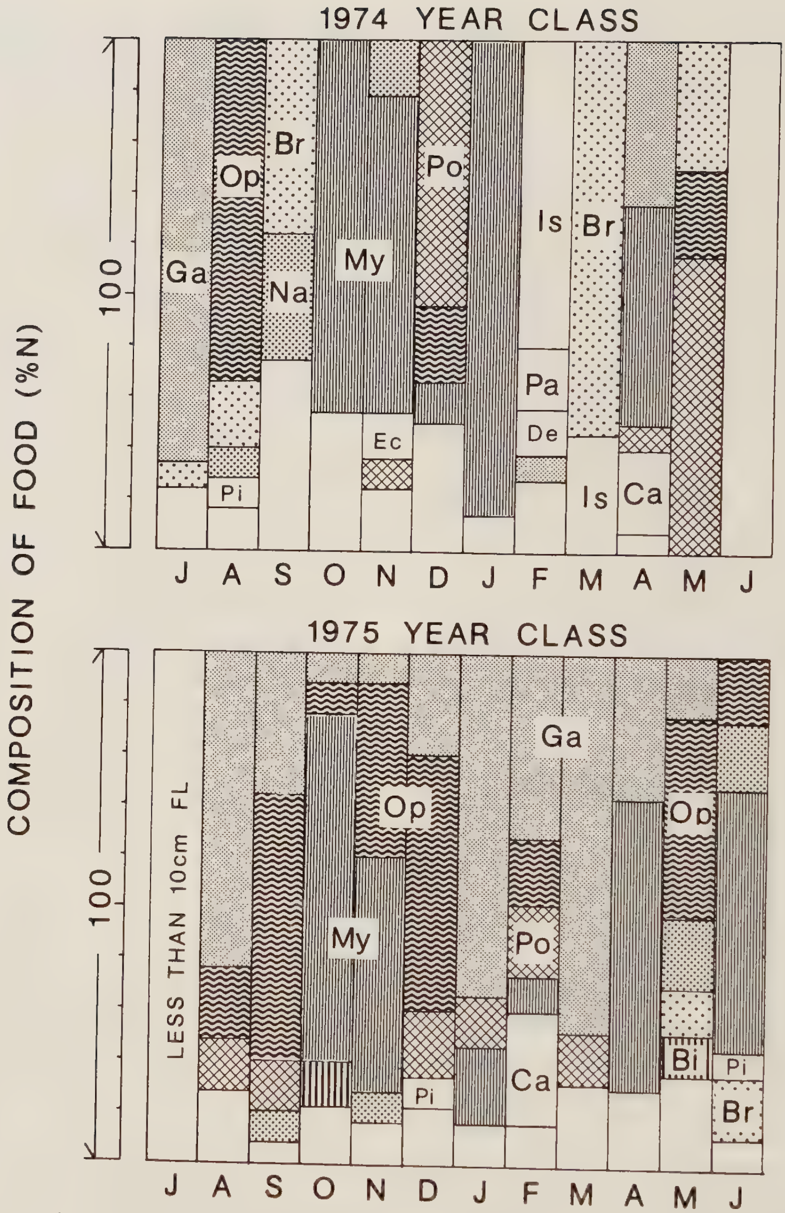


Fig. 6. 1975年7月から1976年6月までに採集したマダイの年級別にみた胃内容物組成の季節変化（個体数%）
Seasonal changes of stomach contents of each year class (two age groups) from July 1975 to June 1976 (numerical percentage[3)]). Abbreviations are as same as in Fig. 3.

級群と若干異っている．Brachyura は7～9月に多く，10月以降は減少する．Natantia　は7月から11月まではほぼ安定して20%以上を示している．Polychaeta　は7～9月にはほとんどみられず，10月以降特に12月が多い．また1975年級群にはみられない Echinoidea が11月を中心にみられる．1974年級群ではこれらのほかに Decapoda, Octopoda, Pisces　などの大形の生物が1975年級群より多くの月で高い割合

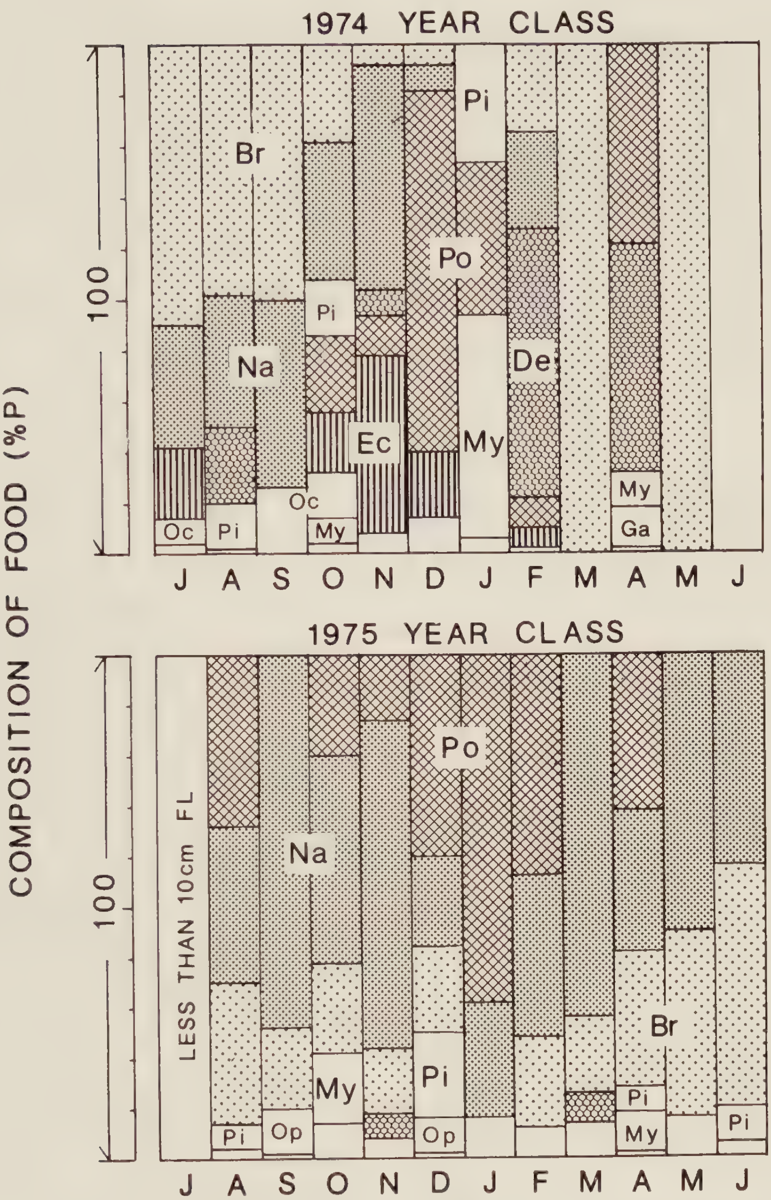


Fig. 7. 1975年7月から1976年6月までに採集したマダイの年級別にみた胃内容物組成の季節変化（点数%）
Seasonal changes of stomach contents of each year class (two age groups) from July 1975 to June 1976 (point percentage[3]). Abbreviations are as same as in Fig. 4

を示している．また，小形の生物では Mysidacea が高い割合を占める月があるが，Ophiuroidea は1975年級群よりはるかに少ない．

主な餌料生物の胃内における出現頻度をみると (Fig. 8)，Brachyura，Polychaeta，Ophiuroidea，Natantia は両年齢群共に周年比較的安定して出現しているが Gammaridea は1975年級群に多く出現している．両年齢群とも出現する生物に顕著な季節変化は

みられない．観察した尾数の少ない9月と採集数の少ない1974年級群の1～3月を除くと，両年齢群とも1つの分類群を摂っている未成魚は多い月でも50～70%である．

これら3種の解析方法を総合して未成魚期の当歳魚（1975年級群）と1歳魚（1974年級群）の食物の季節変化をみると，当歳魚・1歳魚とも摂っている餌生物には個体差が大きく，多数の個体が特定の餌生物に大きく依存している期間はみられない．当歳魚も1歳魚も Gammaridea，Mysidacea などの小形の生物から Brachyura，Decapoda などの大形の生物まで摂食しているが，Echinoidea，Decapoda，Octopoda，Pisces などは1歳魚の方が多く，逆に Gammaridea，Mysidaces，Ophiuroidea などは当歳魚の方が多く摂っ

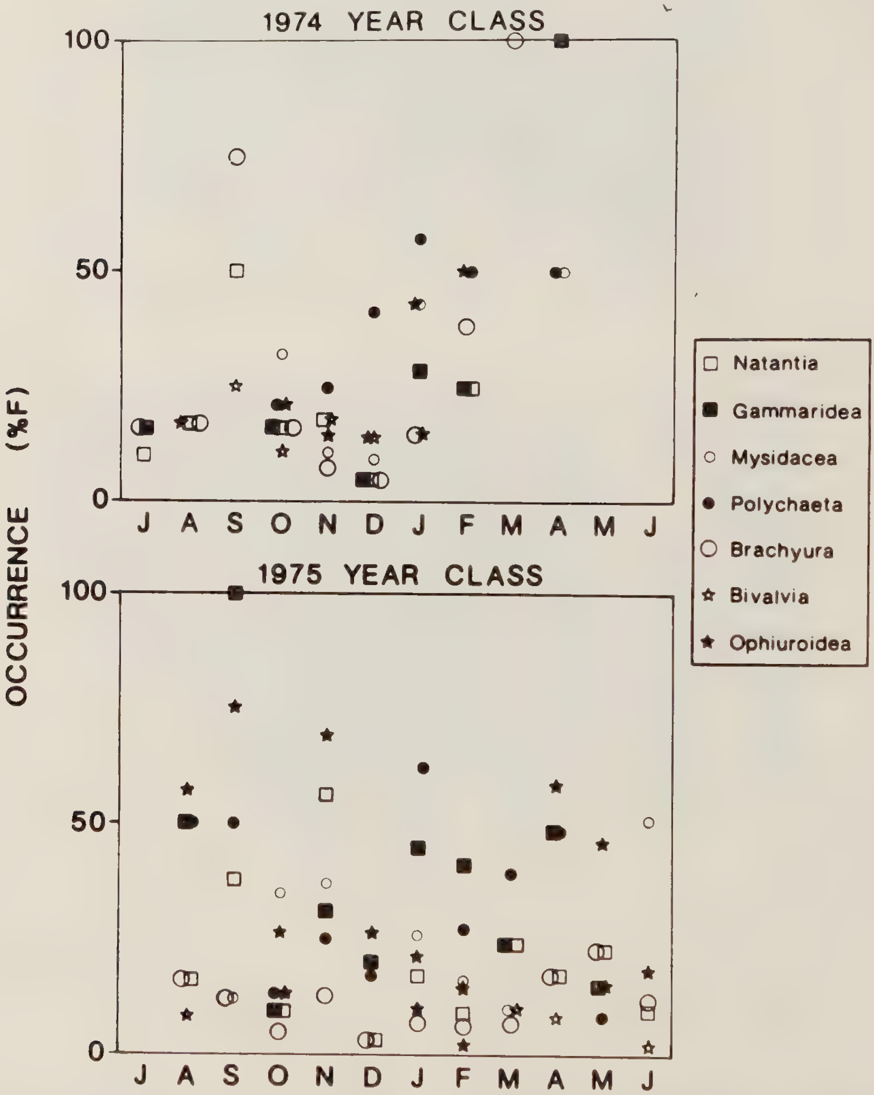


Fig. 8. 1975年7月から1976年6月までに採集したマダイの年級別にみた主な餌生物の胃内への出現頻度
Seasonal changes of frequency of occurrence of food organisms in the stomach of each year class (two age groups) from July 1975 to June 1976 (occurrence percentage[3])). Abbreviations are as same as in Fig. 5.

ている傾向がみられる．マダイが多く摂っている生物は季節的にみると両年齢群で若干異っている．当歳魚では Natantia，Brachyura が全期間を通じてみられるのに対し，Polychaeta は12～2月に多く，Ophiuroidea は9～12月に多い．1歳魚では Natantia は当歳魚と同様に周年多く，Brachyura は7～9月，Polychaeta は10～12月，Echinoidea は11月が多い．

未成魚期マダイの生活様式

HARADA[30] はメバルの発育段階を生活場所，成長，形態，食性，行動の各面から調査して5段階に区分し，その相互関係を論じている．川那部[31] は HARADA[30] を引用して，生活史の研究は，発育に伴い，生活周期に伴っておこる生活様式の変化の法則性を見出すことであり，種の生活のうち個体としてだけでなく，個体群として実現される面を追求することが必要であると述べている．この報告では取扱った水域を志々伎湾内に限定しているため個体群としてのとらえ方は不十分であるが，この節において幼魚期とは異なる未成魚期の生活様式をこれまで述べた食性，成長および分布様式によって検討する．

志々伎湾ではマダイは生れた年の10月ころに尾叉長約12cmとなり，矢野[1] の示した未成魚期に入る．マダイは8・9月ころから湾外へも生活領域を拡げており，この時期の湾内の当歳魚の密度は幼魚期より低下している．翌年1～3月にはマダイは尾叉長14～15cmとなり，湾奥および湾中央の岩礁域を中心に分布する．4・5月に1歳魚となったマダイ（尾叉長約17cm）は4～7月には湾内の広い範囲に分布する．8～12月には大半が湾外へ移動するものとみられ，密度は低下する．水温の低下する1～3月には1歳魚は当歳魚の⅕～⅒の密度となる．2歳魚（尾叉長約25cm）以上の個体は湾内では稀にしか漁獲されない．

稚魚期には Copepoda，Gammaridea が，幼魚期には Gammaridea，Mysidacea がマダイの主要な餌となっており，かつ幼・稚魚期ではその期間中で成長に伴い大形の餌に移行してゆくのに対し，未成魚期にはその期間を通じて Brachyura，Natantia，Polychaeta などがその主要な餌料となっている．これらに次いで Gammaridea，Mysidacea，Ophiuroidea などが多く利用されている．未成魚の期間，マダイの摂っている主要な餌生物の種類と組成には顕著な変化はみられないが Gammaridea，Mysidacea など未成魚の餌としては小形の生物は1歳魚より当歳魚に多く摂られている傾向がみとめられる．調査した尾叉長10cm以上のマダイのうちおよそ30%が空胃であり（Table 2），未成魚期マダイは幼・稚魚期[32] と比べて空胃の個体が多い．また同一定点で採集したマダイでも胃内容物組成に個体差が大きいという特徴がみられた．

東・陣野[33] によると，未成魚の主要な餌の1つになっている Polychaeta は湾口と湾奥とくにアマモ場や転石帯に多く，湾中央では少ない．未成魚の分布の中心である湾奥部や湾中央の岩礁周辺の Natantia の分布密度は比較的低く，未成魚と Natantia の分布の中心は一致していない．松宮ら[34] によれば志々伎湾では湾口部で堆積物の中央粒径値 Mdφ 1～2 の水域（定点 G9，10）は Natantia の分布密度が高く，とくにキシエビが多くエビ漕ぎ網の漁場となっている．前述のように未成魚期マダイは主として岩礁域を中心に採集され，砂底域での採集数は少なく，Natantia の分布の中心とは一致しない．しかし胃内からは砂底域に分布するキシエビ，エビジャコ等も多く見出されている．これらのことは未成魚の摂食場所が岩礁域だけでなく砂底も含めた広い範囲にわたっていることを示唆しているが，摂餌について詳細な検討をするためには岩礁域の餌となる生物の定量的な採集と胃内容物および底生生物群集の種の段階での検討が必要であろう．

当歳魚と1歳魚の食物および分布を比べると，8・9月には，当歳魚（この時期には多くは尾叉長12cm未満で幼魚期にあたる.）は主に Gammaridea，Ophiuroidea，Natantia を，1歳魚は Brachyura などを餌としており，両者の食物の重複は少ない．当歳魚の大部分が未成魚期に入る10月には両者とも Mysidacea，Brachyura，Natantia を主に摂り，食物の重複は大きくなる．8月には湾内に広く分布していた当歳魚は9月以降には分布の中心がしだいに湾奥の岩礁へ移り，1歳魚では9月から湾内の密度が低下し，湾中央の岩礁域の密度が相対的に高くなる．分布の重複度 C_δ はそれに伴い10～12月には漸減してゆく．当歳魚は11月には Natantia，Mysidacea，Ophiuroidea を，12月には Ophiuroidea，Polychaeta などを摂り，1歳魚は11月には Mysidacea，Natantia，Echinoidea を，12月には Polychaeta を主に摂っている．11・12

月には両者の食物の組成は10月より異っている．水温の低下する 1 月以降は 1 歳魚の 数は さらに減少するが，両者とも湾中央の岩礁域をすみ場所とするため分布の重複度は高い． 2・3 月には両者の食物組成は大きく異っている．この時期に食物の重複が少なくなるのは前述のように未成魚期の食物組成は個体差が大きい上に，当歳魚と 1 歳魚の採集数が極端に異なることに起因すると考えられる．このように未成魚期の異なる年齢群（当歳と 1 歳）は，季節により互いの分布密度，分布 様式および 餌としている生物を 異にしている．

これまで述べてきた未成魚の生活様式は湾内で採集されたものに限られている．前述のようにマダイは志々伎湾では生れた年の 8・9 月から湾外へも生活領域を拡大し，翌年 8 月以降は大部分が湾外を生活領域としている．また志々伎湾より内湾的な性格をもつ大村湾や油谷湾などでは生れた年の秋季にはほとんどの個体が湾外へ移動する[5,7] ことが知られている．そこで未成魚期の生態を的確に把握するために調査水域を拡大してゆくことが必要である．また未成魚の主なすみ場所となっている岩礁域の餌となる生物の定量的な採集法も今後の問題点となろう．

要　約

長崎県平戸島志々伎湾において1975年 4 月から1978年 8 月にかけて 吾智網により マダイ 未成魚を採集した．この標本を用いて，未成魚期マダイの成長，分布様式，成長に伴う胃内容物組成の変化，および同時期に採集される異なる 2 年齢群の胃内容物の季節変化を調査した．

1．志々伎湾ではマダイは当歳の10月頃から未成魚期に入り， 2 歳の後半には一部はマダイの最小成熟体長といわれる体長27cmに達する．

2．10月から 翌年 4 月までは 2 年齢群（当歳と 1 歳）の未成魚が湾内に生息する．両者の個体群密度は異なり，10月から12月までは 1 歳魚は当歳魚の1/5～1/10であり， 1 月 以降には 1 歳魚の 割合は極端に低下する． 2 歳以上のマダイは春季から夏季を中心にごく少数が湾内に分布する．

3．湾内の分布をみると，10～12月には当歳魚は湾奥の岩礁に， 1 歳魚は湾中央の岩礁に分布の中心があり， 1 ～ 4 月には当歳魚・ 1 歳魚とも湾中央の岩礁に分布の中心がある．

4．志々伎湾では 未成 魚期を通じて Polychaeta，Brachyura，Natantia がマダイの主要な 餌となっており，Gammaridea，Mysidacea，Ophiuroidea などがこれに次いで多く利用されている．

5．未成魚の胃内容物組成は幼・稚魚のそれより個体差が大きい．未成魚期では幼・稚魚期と異なり，主要な餌生物の種類と組成には成長に伴う顕著な変化がみとめられない．

6．未成魚期マダイの胃内容物には季節的な変化がみられ，この季節変化は当歳魚と 1 歳魚でも異なっている．当歳魚では Natantia，Brachyura が全期間を通じてみられるのに対し Polychaeta は12～ 2 月に多く， Ophiuroidea は 9 ～12月に多い． 1 歳 魚では Natantia は当歳魚と同様に周年多く，Brachyura は 7 ～ 9 月，Polychaeta は10～12月，Echinoidea は11月が多い．

7．未成魚期の 2 年齢群（当歳と 1 歳）は季節により互いの分布密度，分布様式および餌としている生物を異にしている．

文　献

1）矢野　実　1976：瀬戸内海の海域生態と漁場，マダイ 資源の 生態．フジ・テクノシステム，184-190．

2）西日本海域栽培漁業事業化推進協議会　1974：東シナ海・有明海栽培漁業漁場資源生態調査とりまとめ報告書，昭和47・48年度総合版，A．九州西海域篇，37pp．

3）木曾克裕　1980：平戸島志々伎湾におけるマダイ当歳魚個体群の摂餌生態―Ⅰ．成長に伴う餌料の変化とその年変動．西水研研報，(54)，291-306．

4）木曾克裕　1982：平戸島志々伎湾におけるマダイ当歳魚個体群の摂餌生態―Ⅱ．食物を中心にみた

生息場所の利用について．西水研研報，(57)，31-46．
5）立石　賢　1976：マダイ幼稚魚の生態と成育場の造成．水産土木，**11** (2)，19-23．
6）立石　賢　1974：九州西海域におけるマダイの生態と標識放流について．ミチューリン生物学研究，**10** (2)，129-139．
7）花渕信夫　1980：油谷湾におけるマダイ幼魚の分布．西水研研報，(54)，79-91．
8）畔田正格・池本麗子・東　幹夫　1980：志々伎湾における底生生活期マダイ当歳魚の分布と成長．西水研研報，(54)，259-278．
9）中坊徹次　1980：志々伎湾の底生魚類群集—Ⅰ．主要種の分布と群集の区分．西水研研報，(54)，209-229．
10）岡田啓介　1965：黄海産若齢マダイの摂餌生態について．日水誌，**31** (12)，999-1005．
11）梶山英二　1937：鯛．143pp.，杉山書店，東京．
12）北部日本海ブロック水産試験場連絡協議会 1980：北部日本海域水産資源マップ．288pp.
13）大分県水産試験場・宮崎県水産試験場延岡分場・鹿児島県水産試験場・愛媛県水産試験場・高知県水産試験場　1980：昭和54年度放流技術開発事業報告書，豊後水道海域マダイ班．137pp.
14）赤崎正人　1962：タイ型魚類の研究--形態・系統・分類および生態--．京大みさき臨海研究所特別報告，(1)，1-368．
15）B. L. Godfriaux 1974: Food of snappers in Western Bay of Plenty, New Zealand. *N. Z. J. Mar. Freshwater Res.*, **8** (3), 473-504.
16）C. S. Manooch III 1977: Foods of the red porgy, *Pagrus pagrus* Linnaeus (Pisces: Sparidae), from North Carolina and South Carolina. *Bull. Mar. Sci.*, **27** (4), 776-787.
17）M. Morisita 1959: Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. *Mem. Facl. Sci. Kyusyu Univ., Ser. E (Biol.)*, **2**, 215-235.
18）M. Morisita 1959: Measuring of interspecific association and similarity between communities. *Mem. Facl. Sci. Kyusyu Univ., Ser. E (Biol.)*, **3**, 65-80.
19）田中　克　1980：志々伎湾におけるマダイ仔稚魚に関する研究--Ⅰ．浮遊生活期仔稚魚の水平分布．西水研研報，(54)，231-258．
20）東　幹夫・畔田正格・三丸和明　1983：志々伎湾におけるマダイ若魚と共存魚種との食物をめぐる種間関係．西水研研報，(59)，101-118．
21）浜田七郎　1980：志々伎湾の海況特性．西水研研報，(54)，141-155．
22）阪本俊雄・土井長之・岩井昌三・石岡清英　1981：瀬戸内海東部海域におけるマダイの生物情報と資源診断．東海水研報，(105)，59-113．
23）三尾真一　1962：九州における沿岸魚類の資源生物学的研究--Ⅳ．マダイの年令および成長．九大農学芸誌，**19** (4)，507-520．
24）村上子郎・真道重明　1949：天草周辺に於ける重要生物の資源学的研究—Ⅵ．天草沿岸の真鯛に就いて．日水誌，**15** (4)，158-160．
25）赤崎正人　1960：若狭湾産マダイの年令と生長．日水誌，**26** (3)，217-222．
26）国行一正・矢野　実・川西正衛　1975：広島県中部海域におけるマダイ未成魚の年令と生長．南西水研研報，(8)，81-99．
27）岡田啓介　1974：東シナ海・黄海産マダイの漁業生物学的研究．西水研研報，(44)，49-185．
28）木曾克裕　1981：平戸島志々伎湾におけるチダイ当歳魚個体群の摂餌生態．西水研研報，(56)，15-26．
29）東　幹夫　1980：志々伎湾におけるマダイ資源の補給機構--ベントス，資源培養方式開発のための若齢期タイ類補給機構に関する研究．（研究成果シリーズ **129**）111-116．農林水産技術会議事務局．
30）E. Harada 1962: A contribution to the biology of the black rockfish *Sebastes inermis* Cuvier et Valenciennes. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **10** (2), 307-361.
31）川那部浩哉　1966：群集における種の生産．「生態と進化」，現代の生物学 **9**，123-152，岩波書店，東京．
32）尾形哲男・伊東　弘・加藤史彦　1980：能登海域におけるマダイ資源の補給機構—着底期，資源培養方式開発のための若齢期タイ類補給機構に関す

る研究.（研究成果シリーズ **129**） 26-40. 林農水産技術会議事務局.

33）東 幹夫・陣野聡子 1980：平戸島志々伎湾の底生動物群集—Ⅰ. マクロベントスと堆積物による生息場所分析の試み. 西水研研報,（54）, 195-208.

34）松宮義晴・今村秀明・岡 正雄 1978：志々伎湾のエビ類について. 長崎県生物学会誌,（15）, 27-29.

Suppl. table 1-1. 1975年4月～1976年8月に採集したマダイ1974年級群の定点別採集個体数（1975年5月以前は定点が固定されていない）
Number of individuals of red sea bream (1974 year class) collected from April 1975 to August 1976.

Stn. \ Date	1975 Apr.27	May 8	May17	May31	Jun. 11～12	Jun.21	Jul. 1	Jul.16	Aug.20	Sep.19	Oct.26	Nov.15
G 1				1	44	1	6	0	1	6	4	2
G 2				0	27	27	4	11	0	5	2	5
G 3				—	40	1	0	0	11	0	2	0
G 4	Operating points			17	14	7	0	1	19	3	0	12
G 5	were not fixed			5	29	32	0	11	4	7	0	4
G 6				4	7	1	1	2	68	1	1	1
G 7				—	9	—	0	0	1	3	9	1
G 8				—	24	—	5	8	40	0	3	0
G 9				2	10	2	0	1	1	2	6	2
G 10				—	3	4	0	22	4	1	0	0
G 11				33	—	—	0	0	0	—	0	0
Others				14	11	8						
Total	22	34	64	75	218	83	16	65	149	28	27	27

Stn. \ Date	Dec.16	1976 Jan.24	Feb.15	Mar.16	Apr.8	Apr.24	May 8	May19	Jun. 2	Jun.18	Jul.21	Aug.19
G 1	4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
G 2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G 3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G 4	41	1	0	0	1	1	2	1	0	1	0	0
G 5	11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
G 6	21	2	2	2	0	3	3	0	0	0	0	0
G 7	11	1	2	0	0	1	0	13	0	0	0	0
G 8	6	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G 9	0	0	3	0	0	0	1	6	0	0	0	0
G 10	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
G 11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	97	14	11	2	3	7	6	20	0	1	0	1

Suppl. table 1-2. 1976年4～8月に採集したマダイ1975年級群の定点別採集個体数
Number of individuals of red sea bream (1975 year class) collected from April to August 1976.

Stn. \ Date	Apr. 8	Apr.24	May 8	May19	Jun.18	Jul.21	Aug.19
G 1	30	1	8	1	2	6	0
G 2	6	0	0	6	25	20	2
G 3	0	0	5	7	8	8	6
G 4	11	1	42	114	4	19	10
G 5	73	0	78	10	16	15	21
G 6	0	3	0	21	0	4	0
G 7	0	1	0	18	8	3	0
G 8	0	0	0	0	7	0	0
G 9	0	0	3	0	1	6	0
G 10	0	1	3	0	0	3	0
G 11	0	0	0	0	0	0	12
Total	120	7	139	177	71	84	51

Suppl. table 1-3. 1977年5～8月に採集したマダイ1976年級群の定点別採集個体数
Number of individuals of red sea bream (1976 year class) collected from May to August 1977.

Stn. \ Date	May 7	Jun.14	Jul.18	Aug.20
G 1	1	0	3	—
G 2	2	5	3	3
G 3	—	7	1	1
G 4	—	14	3	5
G 5	0	14	5	1
G 6	—	3	0	6
G 7	0	4	0	3
G 8	—	7	3	0
G 9	—	27	0	1
G 10	—	4	0	0
G 11	0	0	0	0
Total	3	85	18	20

Suppl. table 1-4. 1978年6・7月に採集したマダイ1977年級群の定点別採集個体数
Number of individuals of red sea bream (1977 year class) collected on June and July 1978.

Stn. \ Date	Jun.15	Jul.14
G 1	28	16
G 2	7	19
G 3	8	14
G 4	103	21
G 5	53	12
G 6	4	13
G 7	3	3
G 8	1	0
G 9	2	10
G 10	0	0
G 11	0	0
Total	209	108

東シナ海・黄海漁場の海況に関する研究―I．50m深及び底層における平均水温・塩分の分布

近 藤 正 人*,**

Oceanographic Investigations of Fishing Grounds in the East China Sea and the Yellow Sea-I
Characteristics of the Mean Temperature and Salinity Distributions Measured at 50m and near the Bottom

Masato KONDŌ*,**

In the East China Sea and Yellow Sea, the purse seine and trawl fisheries are the most extended. The influence of oceanographic conditions and the fluctuation of fish catches obtained by these fisheries operations are being investigated. The present report deals with the general oceanographic conditions according to the mean water temperature and salinity observed at 50m and near the bottom.

The data for temperature and salinity were obtained during the period from 1957 to 1970. First the mean values of temperature and salinity were calculated in areas defined by one degree of latitude and one degree of longitude and then the mean values for winter, spring, summer and autumn.

The oceanographic conditions in the East China Sea and Yellow Sea seemed to be influenced by the warm Kuroshio Current and the Continental Coastal Cold Water. The pattern of distribution of these water masses did not change significantly throughout the seasons. The water temperature and salinity were quite stable in the Kuroshio area, whereas a large yearly variation was noticed in the Continental Coastal Water. This water was affected markedly by the weather fluctuations there.

Cold water, less than 10℃, was observed from spring to autumn in the middle and bottom layers of the Yellow Sea. This is the remains of cold water produced in winter time, and it moved downward quite slowly. This water is called the

昭和59年11月16日受理 (Received November 16, 1984)
西海区水産研究所業績第420号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 420)
* 西海区水産研究所 〒850 長崎市国分町49 (Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, Kokubu-machi, Nagasaki 850, Japan)
** 現在 東海区水産研究所 〒104 東京都中央区勝どき5-5-1 (Present address: Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, Kachidoki 5-5-1, Chuo-ku, Tokyo 104, Japan)

Yellow Sea Central Cold Water.

The oceanic front, which seemed to be closely related to the formation of fishing grounds, were found in the boundaries among the warm Kuroshio Current, warm Tsushima Current, the coastal water along the Korean Peninsula, and the Yellow Sea Central Cold Water. The locations of fronts were usually observed in the same areas throughout the seasons except in the central and northern East China Sea and off the Goto Islands

東シナ海・黄海では，アジ・サバ・イワシ類やその他の浮魚類を主対象とするまき網漁業や，エビ・グチ・ハモ・タイ・タチウオ類等を主対象とする底びき網漁業が周年操業しているばかりでなく，これらの魚類の主産卵場や，幼稚仔魚の成育場となっていて再生産の場としても重要な海域である．この海域には，黒潮やこれから分岐する黒潮分派，対馬暖流及び中国・朝鮮半島・九州沿岸水，さらには，黒潮の流動蛇行と関連してその縁辺域に発生する暖水舌，冷水塊や黄海中央冷水等が分布しているが，これら水塊の消長は浮魚類，底魚類の漁況変動や漁場形成と密接な関連がある．

そこで，過去の資料を整理解析して，この海域における水塊の分布パターンとその変化の特徴，漁場形成と海況との関係等を明らかにして漁海況予測に役立てようとするものである．本報ではその予測方法（漁場海況基本図作り）の一環として50m深及び底層の平均水温・塩分とその標準偏差の分布と季節変化の特性について述べる．最近，人工衛星資料による水塊の分布をみると，非常に複そうしており，また特に，潮境付近で顕著であることがわかってきたので，平均的な海況は必ずしも実態を表わしていないかも知れないが，漁場環境を理解し，評価予測する場合の基礎資料として役立つばかりでなく，仮説を立て検証する場合にも重要な意味をもっている．

50m深水温は，表面水温に比べて太陽輻射熱の直接の影響が少なく，季節変化も小さい．また，魚群探知機によってみられるアジ・サバ類魚群の分布層は，その約 80 %が20〜70m間に存在していることを考えると，50m深の水温が漁場環境を評価する場合に重要な意味をもっている（近藤未発表）．

東シナ海・黄海の海況に関する報告は，近年多くみられるようになったが，断片的でしかも局所的海域を対象としたもので，全域にわたって漁場が形成されることを考えると，それらの報告から漁場環境を理解するには不充分である．しかし，その中で土田[1]，藤原[2]のものは東シナ海の広域にわたって冬と夏の水温・塩分・溶存酸素量の平年値について論じており，また，長崎海洋気象台[3]，小泉[4,5] は，東シナ海・黄海の表面水温について永年の資料を統計処理して，表面水温変化の特性と標準偏差について論じているのが注目される．

著者が東シナ海・黄海の海洋環境の研究を始めてから30数年になるが，ここにこのような形をもって一応の成果をまとめることができたのは，ひとえに以下に記す方々のご指導・ご鞭撻の賜物である．

この報告をまとめるに当っては，内容の全体について西海区水産研究所前所長佐藤重勝博士，同所企画連絡室長浅見忠彦博士，同所資源部長真子渺博士，同所浅海開発部長矢野実技官，同所海洋部長宮田和夫技官の御校閲を賜わった．また西海区水産研究所海洋部第２研究室長山下秀夫博士には，取りまとめ上の諸問題について細部にわたり適切な助言と御指導をいただいた．ここに記して厚く御礼申し上げる．

なお，本文に入る前に，本報告発表の機会を与えていただいた西海区水産研究所前所長佐藤重勝博士ならびに西海区水産研究所所長水戸敏博士に深謝する次第である．

この報告を作成するにあたり，観測資料を提供していただいた長崎海洋気象台，第十管区海上保安本部，山口県外海・福岡県福岡・佐賀県・長崎県・熊本県・鹿児島県・宮崎県水産試験場及び資料の収集にご協力いただいた東光丸・陽光丸の乗組員に対して謝意を表する．

資 料 及 び 方 法

1. 資料

資料は，東シナ海・黄海及び朝鮮半島，九州沿岸域において，1957～1970年間に気象庁，長崎海洋気象台，海上保安庁及び山口県外海・福岡県福岡・佐賀県・長崎県・熊本県・鹿児島県・宮崎県各水産試験場，韓国水産振興院並びに西海区水産研究所で観測したものである．

使用した全観測点数は，50m深では8080点，底層では5860点である．それを経緯度30分枡目の農林漁区別に頻度分布として示したのがそれぞれ図1，図2である．これらの図からわかるように，東シナ海南部，黄海北部及び中国大陸沿岸域で特に資料数が少ない．したがってこれらの海域の統計値及び等量線の信頼性は他の海域より低いとみなければならない．

2. 整理方法

毎回の観測ごとに作成した50m深及び200m以浅の海域における底層の水温，塩分の水平分布図から経緯度整理数度線の格子点並びに部分的に30分線の格子点値を読み取った．そして月別に統計処理するには資料が少ないので季節別に，各格子点ごとに平均値とその標準偏差を求めた．その結果を付表1，付表2に示す．

平均値を求めた季節は，東シナ海・黄海を全域的にみて表面水温の最高最低の出現期を中心として夏期，冬期とし，その中間を春期，秋期として次のように区分けした．つまり，1～3月を冬期，4～6月を春

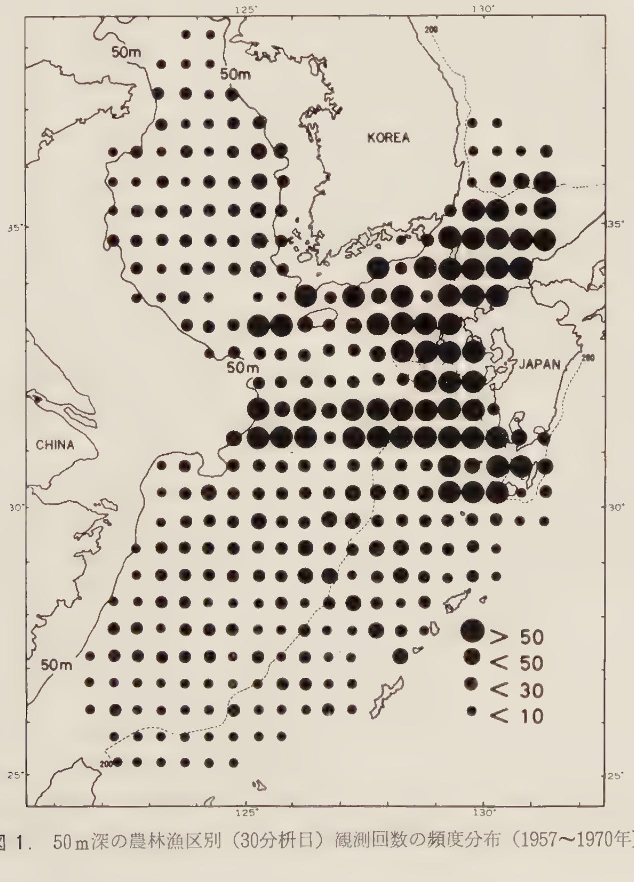


図1．50m深の農林漁区別（30分枡目）観測回数の頻度分布（1957～1970年）

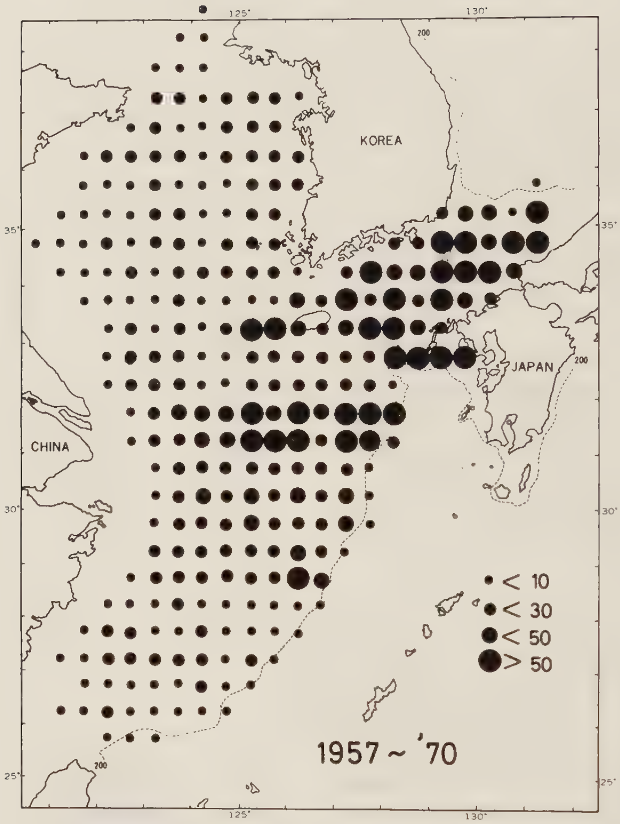


図 2. 底層の農林漁区別（30分枡目）観測回数の頻度分布（1957〜1970年）

期，7〜9月を夏期，10〜12月を秋期として，季節別の平均的な分布図を作成した．底層になると位相のズレもあるからこの季節で区分けするのは無理かも知れないが，底層の深度は20〜200mの範囲にあるから底層水温の高低から季節の区分けはむずかしい．それで50m深と同じ取り扱いをした．

ここで底層とは，最深観測層が海底直上10mまでの層をいうが，水深 100 m以深の観測点では海底直上15mまでの資料も使用した．しかし，その割合は全資料の10%にも満たない．井上[6] は，水温や塩分等の成層状態は海底付近でも複雑であることから海底水温の求め方について論じている．それによると，観測点での水深と最深観測深度との差を求め，水深に対する差の百分率が10%以下の最深観測値をもってその点の海底水温値と見なしている．ここで使用した資料も90%以上はそれに該当しているものであり，また，従来，東シナ海・黄海の観測を通じて経験的に知られている限りでは，前出の資料の処理方法は，本報告で底層水温・塩分の分布状態を論議するうえでは差しつかえないものと思われる．

結果及び考察

1. 海底地形

東シナ海と黄海とは連続している地形的には境界はないが，一般的には済州島と長江河口とを結ぶ線で区分されており，その南側を東シナ海，北側を黄海と呼んでいる．東シナ海・黄海は，九州，南西諸島，台

湾，中国大陸，朝鮮半島等に囲まれた太平洋の縁海である．総面積は約124万km²で日本海よりやや大きな広さである．

図3に等深線の分布を示す．200m等深線は，長崎県五島から男女群島を経て弧を画くようにほぼ南西方へ延び，魚釣島付近を経て台湾へ達している．この線より東側は海底傾斜が急である．ここを大陸斜面と呼ぶ．この斜面と南西諸島間には深さ1,000 mを超える舟状海盆があり，最も深いところは石垣島の北沖に存在し，2,710m余に達する．これに対して，西側と北側は中国大陸と朝鮮半島から緩やかな傾斜で広がる平担な大陸棚となっており，その広さは総面積の70%以上を占める．このために東シナ海・黄海の平均水深は177mと浅い．また，長江河口沖には，水深40m以下の大揚子砂堆が東へ向かって突き出るように形成されている．この線が東シナ海と黄海との境界にあたり，



図3. 東シナ海・黄海の等深線

これを境に南側と北側とでは中・底層に分布する水塊は異なる．大揚子砂堆の北側の黄海中央域は水深60〜80mを示し，ところどころに90〜100mの深みが点在している．

図4には，みなと新聞社[7]及び著者らが魚探，底びき網等による調査資料に基づいて作成した障害物，沈船，堆，瀬，ソネ等の分布を示す．それはあくまでもその位置を示すものであって図示してあるように大きくはない．この中で，障害物は曳網中に破網したり，引っ掛けたりして操業に支障をきたしたものでその確認はしてない．堆は台形，長楕円形といったように形状，規模はさまざまで周囲より10m位の高さのものが多く，そこの底層はほとんど泥混りの砂である．また，図4は1968年現在の資料であるので沈船や障害物は流れの影響を受けて覆砂し，現在では埋没しているものもあるかも知れないし，堆についても形状，規模は変化しているものもあろう．このほかにも障害物等は存在しているものと思われる．はえなわ漁船からの聞取り調査によると，東シナ海中部の大陸縁辺地域には小規模の天然礁が点在しているという．図4からわかるように，障害物，沈船等は東シナ海・黄海全域にわたって広く存在している．瀬は済州島周辺海域に多く存在するが，大陸縁辺地域にも点在している．東シナ海南部に空白部分が多いのは，底びき網漁船の出漁が少なく情報が得られてないためであり，障害物等が存在しないということではない．

2．水塊の分布概要

後述の理解に役立てるために，従来の調査研究結果から東シナ海・黄海における水塊の分布，特徴につい

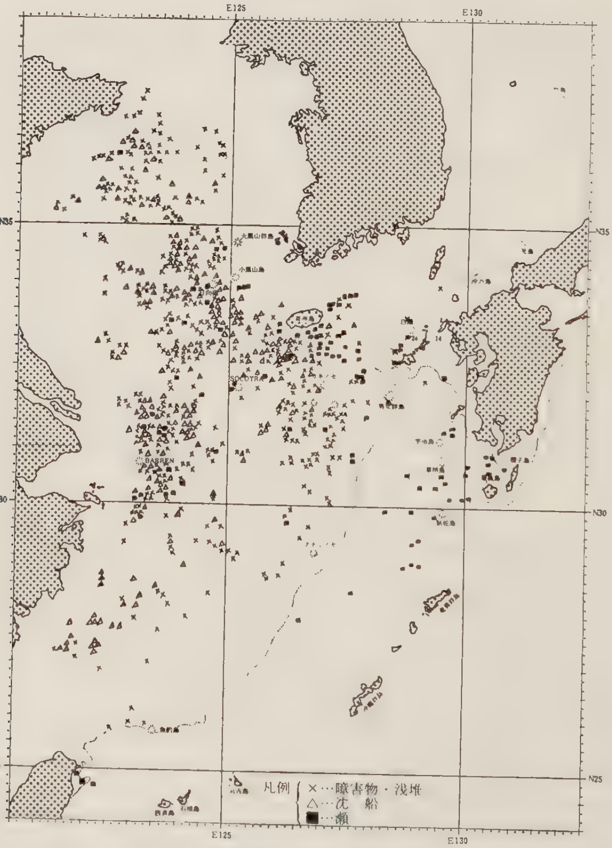


図4．東シナ海・黄海の海底障害物の分布（1968年現在）

て記述する．

黒潮

北赤道海流に起源をもつ黒潮は，台湾と石垣島との間を通って東シナ海へ入り，小規模な蛇行運動をしながら大陸斜面に沿って北東に流れ，鹿児島県屋久島の西約100海里付近で東ないし東南東に向きを変え，トカラ海峡を通って太平洋へ流去する高温高塩分の海流である．この黒潮の流軸は，KAWAI[8] によると，東シナ海では200m層の16.5℃等温線によって指標できるとしており，この等温線の分布からみると流軸の位置は，大陸斜面域に存在している．黒潮の表面流速は，ほぼ1.0〜3.0ノットを示すが，近藤ら[9] によれば，冬期（1〜3月）には平均1.0〜1.7ノット，夏期（7〜9月）には平均1.8〜2.9ノットを示し全般に夏期に速くなる傾向がある．この黒潮は，黒潮分派と対馬暖流を分岐する．また，宇田[10]，辻田[11] によれば，奄美大島北西沖に，ときには大陸棚上へ突込む暖水舌の存在が認められるとしている．

黒潮分派

台湾北東海域で黒潮から分岐後，中国大陸の長江河口以南の沿岸寄りに分布する沿岸水の東沖をほぼ123°E線に沿って北上する．この状態は冬には水温分布から，夏期には中・底層塩分分布から明瞭に示され，その先端部は大揚子砂堆の南沖にまで達する．宇田[12] はこの分派の存在を明らかにして中間暖水と呼んだ．また，この分派は中国大陸沿岸水の南下に伴う一種の補流とも考えられ，流速は遅い．

対馬暖流

黒潮から分岐後，大陸斜面に沿って北流し，東シナ海へ張り出す中国大陸沿岸水と混じりながら長崎県五島と済州島間を通り，対馬東・西両水道を経て日本海へ入る中間的性質をもった水塊である．対馬暖流の黒潮から分岐する位置については正確にはよくわかってないが，吉田[13]，近藤[14]，井上[15] らによると，奄美大島北西沖の29°N，127.5°E付近で黒潮が向きを変えて大陸斜面域から離れる海域と推定されている．しかし，前田[16] によると，甑島以南では，対馬暖流の定常的な流路は存在しないと述べており，この分岐点については今後解明しておく必要があろう．流速は，長崎海洋気象台[17]，近藤ら[9] によると，男女群島南西沖で0.5ノット，五島福江島西沖で0.3ノットを示すが，対馬東水道，西水道では地形の影響でそれぞれ1.0ノット（三井田[18]），1.5ノット（LEE[19]）と速くなる．また，流路については，大陸棚上を流れるので潮流の影響を強く受けることもあって黒潮のように明瞭には示されないが，小川ら[20] の海流板追跡調査結果によると，約1日の時間間隔でトロコイド曲線状の軌跡を画きながら全体として北東〜東北東に流れることが確認されており，従来はっきりしてなかった対馬暖流の性状が明らかになりつつある．

この暖流は，北上途中に五島灘，天草灘方面へ向かう分派や済州島南沖を経て黄海へ向かう黄海暖流を分岐する．

黄海暖流

特に，秋期から冬期にかけて水温，塩分の分布からその形状が明瞭に示される．北西季節風が卓越し，中国大陸沿岸水の南東方への張り出しが強くなるとその勢力は増加する．この暖流は，大塚[21] によると，沿岸水の南下に伴う一種の補流として存在し，その影響は，ASAOKA ら[22] によると黄海中央域にまで及ぶが流速は遅い．

中国大陸沿岸水

中国大陸河川水の流入によって形成された低塩分の水塊で，その分布の中心域は中国大陸沿岸に存在する．夏には長江河口東沖約100海里付近でも塩分は23.5‰以下を示すときもある．したがって，この水塊の指標には塩分値が有効である．低塩分のために比較的受熱量が大きく，冬期には低温，夏期には高温となるのが特徴的である．秋期から冬期にかけて冷却され低温となったこの水塊は，寒冷な季節風の連吹作用で発達して黄海西部の大陸沿岸域から南東方へ向かって東シナ海へ張り出し，その先端部は大陸縁辺地域や魚釣北東海域へ達し（ASAOKA ら[22]，近藤[14]），これらの海域付近では Cascading の起ることが知られている（辻田[11]，加藤[23]）．夏期になると，河川水の流入量の増加に伴って塩分は著しく低下するとともに，日射の影響で高温，低密度となり，東シナ海・黄海の表層をおおって大陸縁辺地域にまで張り出し対馬暖流の表層水と混じるようになる．この混合水は，さらに対馬暖流域の表層水を形成して九州北西海域や日本海方面へ運ばれる．また，この沿岸水は栄養塩類を豊富に含んでおり，特に雨期後の夏期に急増する（松平[24]）．対馬暖流との潮境域に赤潮がたびたび観測されるのはそういった栄養塩類の補給と関連が深いものと考えら

れる．

黄海中央冷水

夏期，秋期に黄海中央域の中・底層には10℃以下，塩分は33‰内外を示す低温水が存在する．この水塊は，海盆状をなしているこの海域に，冬期に黄海暖流と中国大陸沿岸水，韓国沿岸水との混合によって形成された水塊があまり変質しない状態で残留するものと推察されており（宇田[25]，近藤[26]），一種の溜り水のようなものでその動きは非常に緩慢である．この水塊を宇田[27]は黄海中央冷水と名付けている．

韓国沿岸水

韓国南沿岸，西沿岸には固有の沿岸水が存在しているが，塩分は対馬暖流より低く，中国大陸沿岸水より高い．冬には南沿岸で10℃以下，西沿岸で5℃以下の低温となる．

以上のような水塊の勢力の消長によって東シナ海・黄海の海況は変化するが，なかでも，黒潮と中国大陸沿岸水の影響が大きく左右する．特に，中国大陸沿岸水の消長は，大陸内における降雨の多少，秋期から冬期の寒冷な季節風の強弱等気象の変化に影響される．例えば1963年冬期における異常寒波の襲来によって東シナ海中部・北部海域及び九州沿岸一帯に異常低温現象が起って，九州・山口各県沿岸では魚類のへい死現象がみられたり（近藤[28]），また，季節風の連吹作用で冷却された大陸沿岸水は強く張り出して，その先端部の位置は例年より約60海里南偏し（菊池[29]，辻田[30]），これに伴ってマアジ産卵群の漁場も南へ移動するといったように漁場形成にも影響を及ぼし，魚卵・稚仔魚の輸送，配分に変化がみられ（辻田[30]），ひいては，九州東岸，四国沿岸では例年になくマアジ当才群の好漁がみられるなど沿岸域の漁況に影響が現われた．また，雨期後の大陸沿岸水の消長は降雨量の多少の影響で経年変化が大きい（長崎海洋気象台[31]）ことなどである．

3．50m深平均水温とその標準偏差

(1) 冬期（図5）

この季節は，寒冷な季節風の連吹による海面冷却で鉛直混合が盛んに行われる対流期にあたるので，ほぼ200m以浅の大陸棚上は表面から底層まで鉛直勾配は小さくなる．したがって，50m深平均水温の分布パターンは長崎海洋気象台[3]の報告にある20年間の表面平

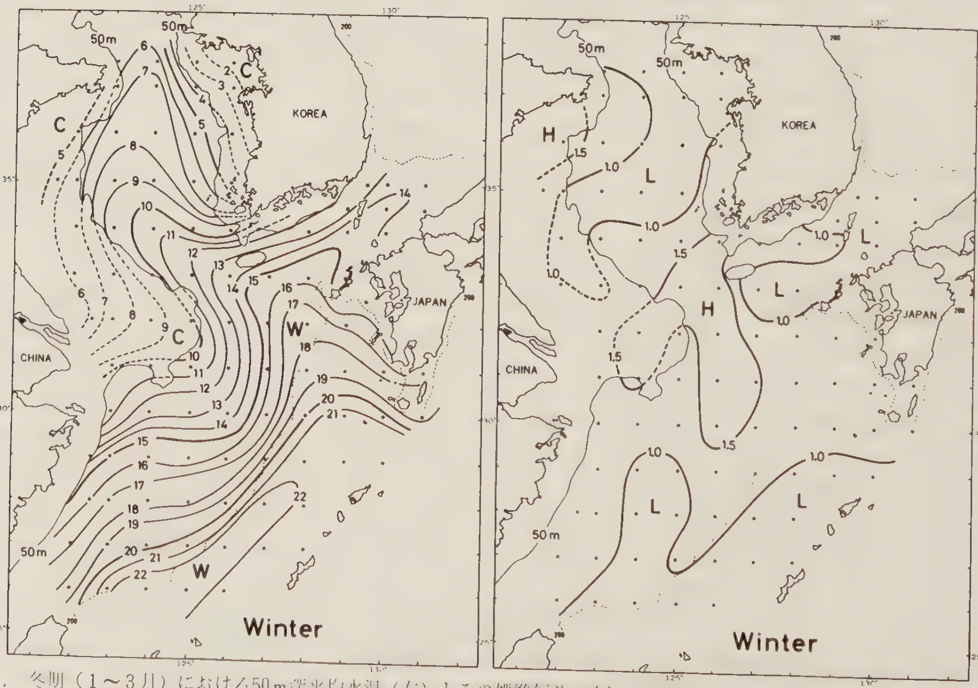


図 5．冬期（1～3月）における50m深平均水温（左）とその標準偏差（右）の分布（点線は底層のものを示す．以下同じ）

均水温のそれとよく類似している．

全域の水温は３～22℃台の範囲を示しており，黄海北部に低く，東シナ海南部に高い南高北低型でその差は約19℃である．大陸斜面域の黒潮主流域で21～22℃台，対馬暖流域は九州西沖で15～18℃台，五島西沖から山口県沖にかけては14～16℃台を示す．済州島南沖から黄海中央域へ向かって比較的高温な水塊の入り込む状況が示されるが，これがいわゆる黄海暖流に相当するものである．朝鮮半島西沖で４～５℃台を示して最も低い海域である．長江河口沖には10℃以下の水塊が存在し，大陸棚上を南東方に指向している．この水塊は，黄海西部に起源をもっていることから冬には一般に黄海冷水と呼んでいるが，これは冷却された中国大陸沿岸水にほかならない．この水塊と黒潮との間には比較的に水温傾度が大きく現われており，大陸縁辺地域に沿って潮境が形成されていることがわかる．一方，台湾北東沖から暖水が北を指向しているのは黒潮分派に相当するものである．

標準偏差は，0.3～1.8℃の範囲を示しているが，小泉[5]の示した表面水温のそれが0.6～1.0℃に比べて全般に高い．1.0℃以下の低い海域は，黒潮主流域，黒潮分派域，五島西沖から山口県沖にいたる海域及び黄海中央域にみられ，比較的に安定した水温をもっており，年による変動が小さいことを示している．一方，1.5℃以上の高い海域は，長江河口沖と黄海南部海域から東シナ海中部の大陸縁辺地域に延びる海域である．このうち，前者の海域は，大陸河川水の流入状況や，浅海のために気象の影響を強く受け易いこと，また，後者は中国大陸沿岸水と黒潮，対馬暖流との潮境域にあたることなどを考えれば，水塊の消長が年によって変動が大きいことを意味している．

⑵　春期（図６）

この季節は，黄海北部の資料が欠けてるので，この海域の状況はよくわからない．この海域を除くと，水温は７～24℃台の範囲を示しており，その差は約17℃である．冬期に比べると，黒潮，対馬暖流域では１～２℃程度の昇温に対して，台湾北沖から中国沿岸域にかけては４～６℃と著しく昇温している．一方，済州島南沖には小範囲ではあるが１～２℃降温しており，これは黄海中央冷水の影響によるものであろう．この

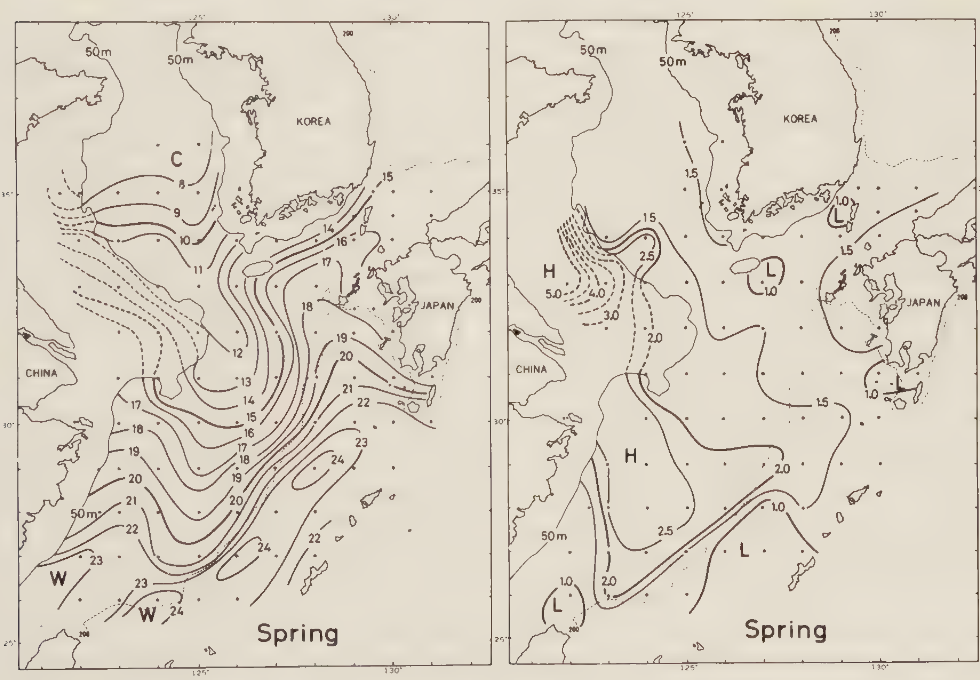


図６．春期（４～６月）における50m深平均水温（左）とその標準偏差（右）の分布

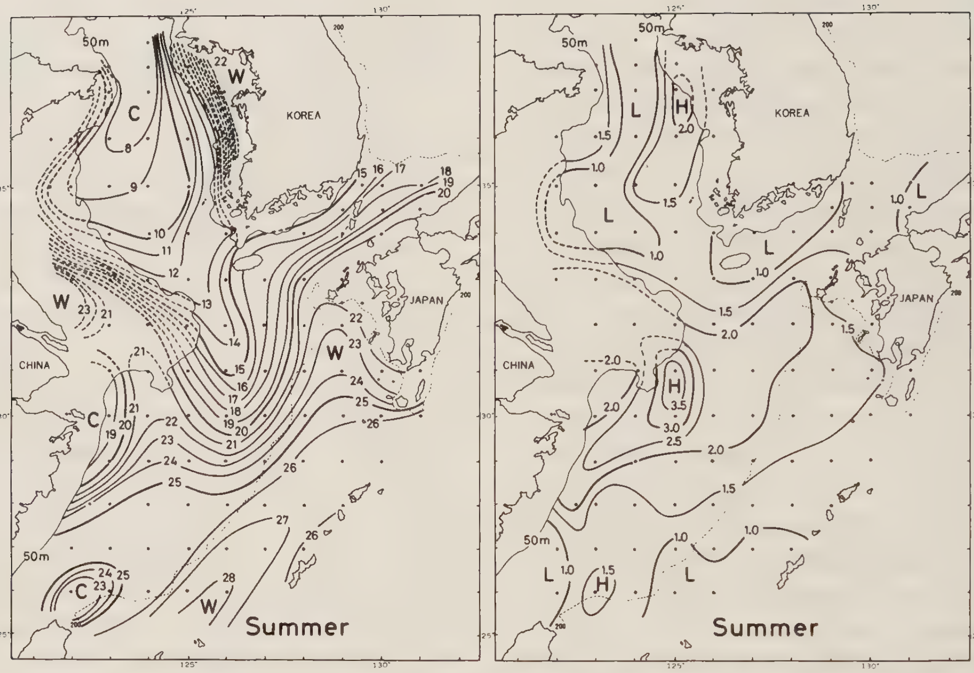


図 7．夏期（7〜9月）における50m深平均水温（左）とその標準偏差（右）の分布

ように水温の変化は海域によって異なる．

黒潮主流域で23〜24℃台，黒潮分派域で17〜22℃台を示す．この季節で特徴として目立つのは，台湾海峡から23℃以上を示す暖水が北上してきていることである．この水塊は黒潮分派と合流してさらに北上し，その先端部は大揚子砂堆の南沖に達している．黒潮分派と大陸沿岸水との潮境域にマルアジ漁場が形成されるのはこの暖水の北上と関係があるのかも知れない．対馬暖流域では，九州西沖で17〜20℃台，五島西沖から山口県沖にかけては15〜17℃台を示す．この季節には，黄海暖流の形状は等温線の分布からはっきりしなくなっている．東シナ海北部の中央域は12〜20℃台を示し，他の海域に比べて昇温傾度が小さいばかりか，狭い範囲ではあるが冬期より降温したところもある．このようなことから，朝鮮半島南沿岸及び済州島から南へ延び大陸縁辺地域に沿って水温傾度が大きくなっている．ここが潮境域に相当する．黄海域は11℃以下，その中で中央域は7℃台を示してこの季節では最も低温域となっている．

標準偏差は，0.9〜2.9℃の範囲を示しているが，小泉[5]の示した表面水温のそれが0.6〜1.4℃に比べて高い．1.0℃以下の低い海域は，台湾北沖，沖縄北西海域，薩南海域，済州島東沖，対馬西沖等の小範囲に存在している程度である．黒潮主流域，対馬暖流域は1.0〜1.5℃の範囲を示している．その他の海域は1.5℃以上を示し，なかでも2.5℃以上の高い海域は，台湾北東沖から長江河口南東沖にいたる黒潮分派域と黄海南部域にみられる．これらの海域は，中国大陸沿岸水の影響の程度や黒潮分派の消長が年によって大きく変動することを意味している．

(3) 夏期（図7）

この季節は一般に成層する．特に，黄海域から東シナ海北部海域にかけては底層に冷水が温存されるために顕著な躍層が発達する．その躍層が形成される水深は大体20〜40m間に存在するから50m深分布はその躍層以深のものを示していることになる．

水温は，7〜28℃台の範囲を示しており，その差は21℃に達し，年間を通して最も大きい．このことは，東シナ海・黄海の全域における水温の水平傾度が冷却期の冬よりも大きいことを意味している．夏期は，一

般に水温の年最高が現われる季節であるから，春より一部の海域を除いてさらに昇温している．特に黒潮分派域にあたる125°E線に沿った海域では5～6℃と著しい．冬から春にかけて昇温の著しかった台湾北沖から中国沿岸域にかけては1～4℃，黒潮流域では3℃前後，対馬暖流域では2～4℃，冬から春にかけて降温した済州島南沖では1～3℃それぞれ昇温している．これに対して黄海中央域では降温しており，最も大きいところでは2℃降温している．

水温は，黒潮主流域で26～28℃台，黒潮分派域で21～25℃台を示す．この分派の先端部は大揚子砂堆の南沖に達している．台湾北沖には直径90海里程度の冷水域が形成されており，その中心域は22℃台を示す．これはこの季節に勢力を増す黒潮の流動と関連して形成される地形性の渦動域に相当するものである．対馬暖流域では，九州西沖で21～23℃台，五島西沖から山口県沖にかけては17～21℃台を示している．冬期にみられた黄海暖流の形状は春期に引き続いてこの季節でもはっきりしない．黄海域は7～12℃台を示し，この季節では最も低温域となっている．その中心は黄海北部に存在して7℃台となっている．この水塊がいわゆる黄海中央冷水にあたる．この水塊は深みに沿って，済州島西沖を経て東シナ海北部の中央域を指向するように分布し，その先端部で14～15℃台を示す．この冷水塊の周辺域には顕著な潮境が形成されている．

標準偏差は，0.3～3.8℃の範囲を示しているが，小泉[5]の示した表面水温のそれが0.6～1.4℃に比べて全般に高い．1.0℃以下の低い海域は，黒潮流域では沖縄北西海域と台湾北部海域及び黄海中央域に存在している．2.0℃以上の高い海域は，東シナ海中・北部海域と朝鮮半島西沿岸域にみられるが，なかでも前者の海域はその範囲も広く，しかも，その中心は3.5℃以上を示す．これらの海域は潮境域に相当するところでもあり，黄海中央冷水の規模やその先端部の位置及び黒潮分派の消長等の影響を強く受けるために年による変動が大きいのであろう．

(4) 秋期（図8）

この季節は，暖かい表面水とそれより下層の水との混合が盛んとなり，これに伴って50m深の水温は夏より上昇するところもみられる．また，夏期に形成され

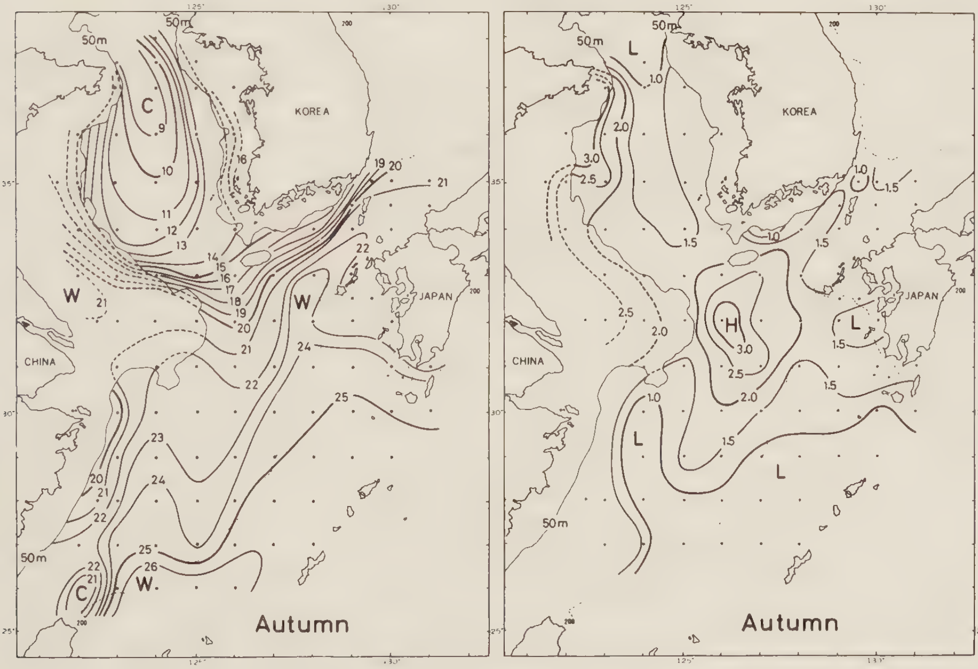


図8. 秋期（10～12月）における50m深平均水温（左）とその標準偏差（右）の分布

ていた躍層の位置も深くなって全般に50m以深に形成されるようになる．このような，表層水の鉛直混合によって，特に，50m深水温は東シナ海中部以北の全域にわたって夏期より上昇している．なかでも，東シナ海北部 海域で 4～6℃，対馬西沖で 4～5℃と著しく，九州西沖から対馬海峡にかけての対馬暖流域では 2℃以上，また，黄海中央域では 1℃以下の上昇である．一方，東シナ海南部海域では，台湾東沖の一部を除いて ほとんど 降温しており，黒潮 流域では 1℃前後，台湾北沖から中国沿岸にかけては 2～3℃降温している．

水温は 8～26℃台の範囲を示しており，その差は約18℃である．黒潮主流域で25～26℃台，黒潮分派域で22～24℃台を示す．台湾北沖に，夏期に形成されていた渦動域は，この季節には規模が小さくなっているが引き続き存在しており，その中心域の示度は20℃台である．対馬暖流域では，九州西沖で22～23℃台，対馬海峡から山口県沖にかけては20～21℃台を示す．冬期にみられた黄海暖流の形状は，等温線の分布から春期から夏期に引き続いてこの季節でもはっきり示されない．黄海域は 8～15℃台を示し，なかでも北部海域で最も低く 8℃台である．この季節でも黄海中央冷水は夏期に引き続き存在しており，この水塊の周辺域及び朝鮮半島南沿岸には顕著な潮境が形成されている．

標準偏差は，0.2～3.2℃の範囲を示しているが，小泉[5] が示した表面水温のそれが0.6～1.0℃に比べて全般に高い．1.0℃ 以下の低い海域は，黒潮主流域と黒潮分派 域及び黄海北部 海域に存在している． 一方，2.0℃以上の 高い海域は， 済州島南方海域と黄海西部海域に存在し， その中心域は3.0℃以上を示す． これらの海域は潮境域に相当するところでもあり，黄海中央冷水や中国大陸沿岸水の勢力の消長の影響を受ける

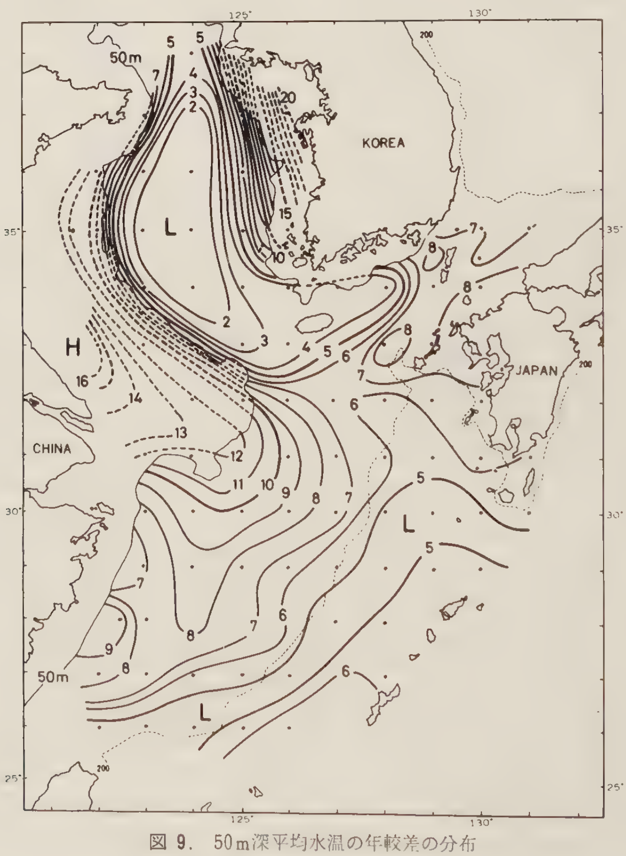


図 9.　50m深平均水温の年較差の分布

ために年変動が大きいであろう.

(5) 50m深平均水温の年較差（図9）

年最高と年最低との差をもって年較差として表わす. 前述したように, 海域によって年最高, 最低の現われる季節は一様ではない. 年較差は年間を通してどの程度の幅で変化しているかの指標となる.

黄海中央域で2℃以下を示して最も小さく, 次いで黒潮主流域で5℃以下を示す. 東シナ海中央域の中国大陸沿岸水の張り出す影響の強いところで最も大きくて8～12℃台, 大陸縁辺地域及び九州西沖から山口県沖にいたる対馬暖流域では6～8℃台を示している.

4. 50m深平均塩分とその標準偏差

(1) 冬期（図10）

この季節における塩分の分布パターンは水温のそれとよく対応しており, 黒潮, 中国大陸沿岸水の分布をよく反映している.

塩分は, 31.8～34.8‰台の範囲を示し, その差は約3.0‰である. 南西諸島沿いは34.8‰以上を示して最も高塩分域となっている. 台湾東沖から北東に延びる200m等深線に沿った黒潮及び対馬暖流域では34.6‰以上を示す. 済州島南沖から黄海中央部に向かって舌状に分布する比較的高塩分水塊がみられる. これが黄海暖流に相当する. 黄海中央域は32.6～33.8‰を示すが, 黄海北部では32.4‰以下を示して, この季節では最も低塩分域となっている. 一方, 長江河口沖の中国大陸沿岸水は東方に指向し, その先端部で33.2～33.8‰を示す. この水塊と黒潮, 対馬暖流との間には潮境が形成されている.

標準偏差は, 0.1～0.8‰の範囲を示している. 0.2‰以下の低い海域は, 黒潮及び対馬暖流域にみられ, かなり安定した塩分値をもっており, 年変動の小さいことがわかる. 一方, 0.6‰以上の高い海域は, 長江河口東沖と黄海西部海域にみられるが, 前者は中国大陸沿岸水の張り出す先端部に相当しており, この水塊の張り出す勢力が年によって変動が大きいことを意味しており, 後者は黄海暖流と沿岸水との潮境域にあたるためであろう.

(2) 春期（図11）

黄海北部の資料が欠けているので, この海域の状況

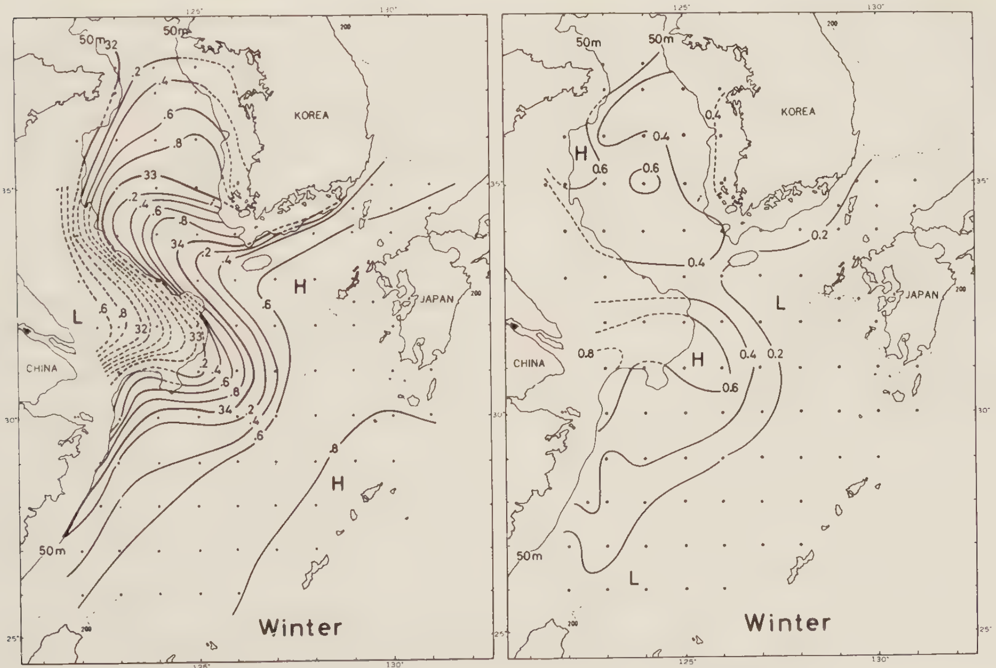


図10. 冬期（1～3月）における50m深平均塩分（左）とその標準偏差（右）の分布

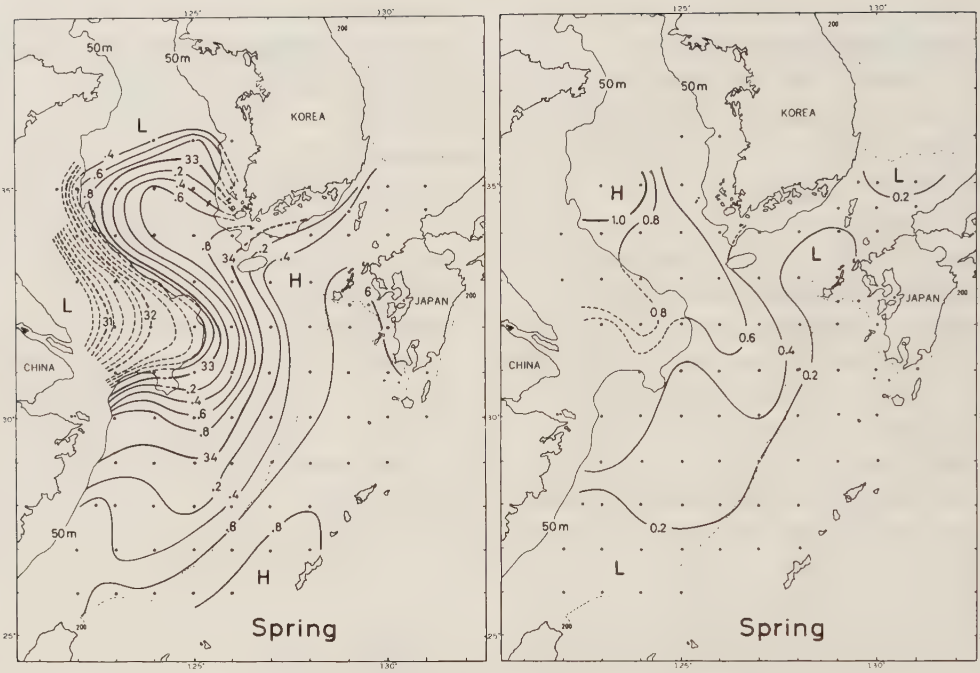


図 11. 春期（4～6月）における50m深平均塩分（左）とその標準偏差（右）の分布

はわからない．この海域を除くと，塩分は32.2～34.8‰台の範囲を示し，その差は約2.6‰である．春期は降水量の増加に伴って塩分は全般に冬より低下しているが，分布のパターンは冬のそれとよく類似している．黒潮及び対馬暖流域では0.2‰以下程度の低下であるのに対し，中国沿岸に近づくにしたがって塩分低下は大きくなり，長江河口沖では0.6～0.8‰にも達する．これは大陸河川水の増量に伴って沿岸水の勢力を助長させているための影響であろう．しかし，黄海中央部では逆に0.2‰内外高くなっている．

黒潮流域及び対馬暖流域で34.4～34.8‰台，済州島周辺域から黄海中央部に向かう黄海暖流域では33.4～34.0‰を示す．一方，長江河口沖の中国大陸沿岸水は東方に指向し，その先端部で32.6～33.8‰台を示す．この水塊と黒潮，対馬暖流との間に潮境が形成されている．

標準偏差は0.1～1.0‰の範囲を示している．0.2‰以下の低い海域は，黒潮，黒潮分派域及び対馬暖流域にみられかなり年変動の小さいことがわかる．一方，0.6‰以上の高い海域は，済州島南沖から黄海域にかけてみられる．なかでも黄海中央域では1.0‰以上を示し特に高いが，これは，この海域の資料数が少ないことからこのような値になったものと思われる．

(3) 夏期（図12）

この季節は，大陸河川水の流入量の増加に伴って年間を通して全般に塩分は最も低くなる．しかし，河川水の流入によって養成された低塩分水は日射の影響で暖められ，低密度化して海洋の表層を沖合に向かって張り出すとともに，この水塊のおおう海域では水温，塩分ともに鉛直傾度が大きくなって躍層は著しく発達する．この躍層の水深は20～40m間に形成されることが多いために，低塩分水の影響は鉛直的に50m深まで及ばない．また，一方，後述する底層分布にみられるように，台湾北東海域から黒潮分派の影響によって50m以深の塩分は高くなる．このようなことから，大陸沿岸域から東シナ海中央部及び黄海中央部にかけては春期より高くなり，特に長江河口沖の大揚子砂堆南沖では0.6～1.0‰と著しい．しかし黒潮流域，対馬暖流域及び済州島周辺を含む朝鮮半島南沖一帯は低下しており，なかでも朝鮮半島南沿岸域は0.4～0.6‰と著し

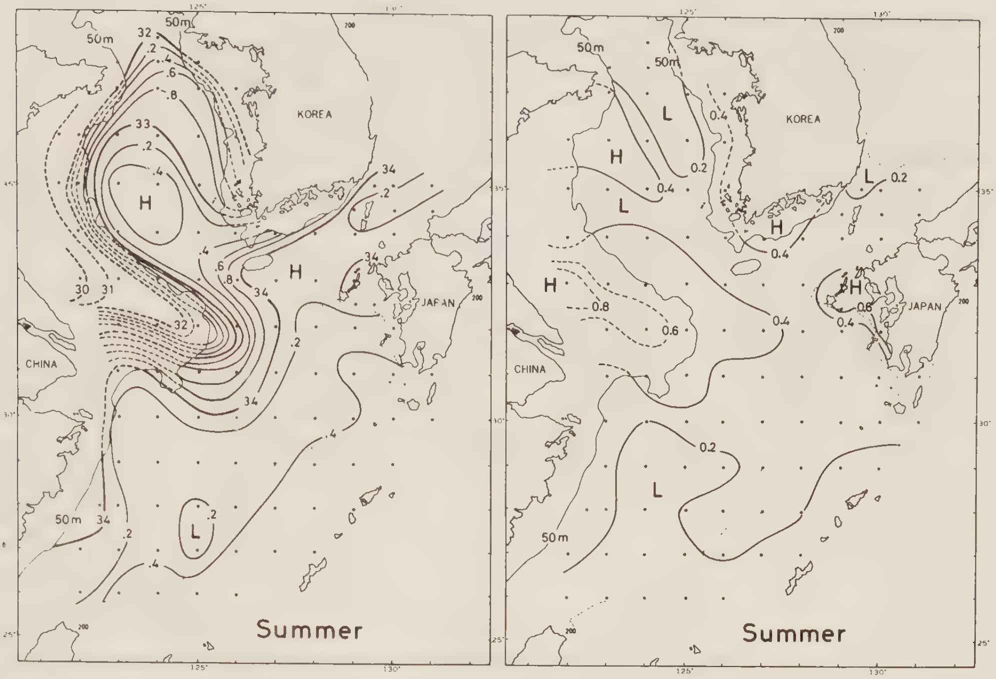


図 12．夏期（7～9月）における50m深平均塩分（左）とその標準偏差（右）の分布

い．

塩分は31.7～34.5‰台の範囲を示し，その差は約2.8‰である．黒潮流域では，34.4～34.5‰台，黒潮分派域では34.2‰台，対馬暖流域では34.1～34.2‰台，済州島周辺から黄海中央域にかけては33.0～34.0‰台を示す．一方，長江河口沖の中国大陸沿岸水の先端部で32.4～33.8‰台を示しており，この水塊と黒潮，対馬暖流との間に潮境が形成されている．

標準偏差は，0.1～0.6‰の範囲を示していて，冬期，春期に比べて比較的小さい．0.2‰以下の低い海域は，台湾東沖の黒潮流域，黒潮分派域，南西諸島周辺海域及び黄海北部域にみられる．一方，0.4‰以上の高い海域は，長江河口沖と黄海西部域にみられるが，これらの海域は潮境域に相当するところであり，年変動が大きい．

(4) 秋期（図13）

対流混合期に入り，低塩分の表層水と混合して夏より低下した海域，また，鉛直混合が50m深まで及ばず，黒潮系水の影響を受けて逆に高くなった海域がみられるなど塩分の変化は複雑であるが，分布のパターンは夏期と変っていない．大陸沿岸域，朝鮮半島南沖から対馬海峡を経て山口県沖にいたる海域では夏期より低下し，なかでも，黄海西部海域は0.4～0.8‰と著しい．一方，黒潮流域，東シナ海北部海域及び黄海東部海域では逆に高くなっており，特に，黄海東部海域では0.4～0.8‰と著しい．

塩分は31.8～34.7‰台の範囲を示し，その差は約2.9‰である．黒潮流域では34.5～34.7‰台，対馬暖流域で34.0～34.3‰台を示す．済州島南沖から黄海中央域にかけては33.0～33.8‰台を示し，この水塊の分布する周辺域にはこの季節では水平傾度の最も大きい潮境が形成されている．一方，長江河口沖の中国大陸沿岸水の先端部は33.3～33.8‰台を示しており，河川水の影響は少なくなっている．

標準偏差は0.1～0.7‰の範囲を示している．0.2‰以下の低い海域は，黒潮流域及び黒潮分派域にみられる．対馬暖流域では0.2～0.3‰の範囲を示して比較的に低い．0.6‰以上の高い海域は，長江河口沖の中国大陸沿岸水の先端部及び黄海西部にみられる．これらの海域は潮境域に相当しており，沿岸水の消長の影響

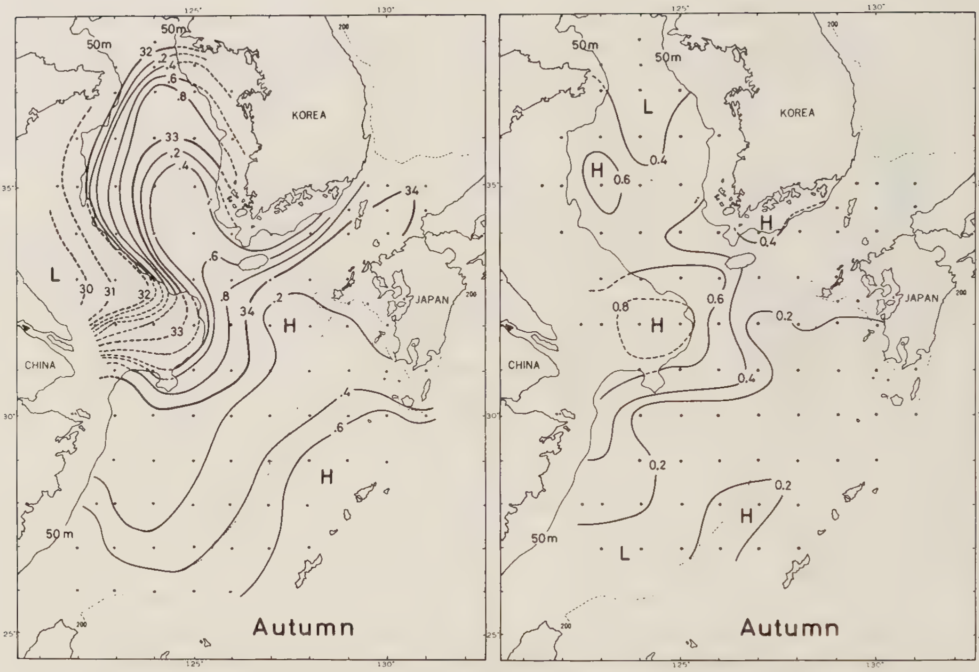


図 13．秋期（10〜12月）における50m深平均塩分（左）とその標準偏差（右）の分布

で年変動が大きいことを意味する．

(5) 50m深平均塩分の年較差（図14）

塩分は，一般に冬期から春期にかけて年最高が，夏期に年最低が現われる．50m深では水温の場合と同様に，それらの現われる季節は海域によっても異なり一様でない．黒潮流域で0.4‰以下，黒潮分派域で0.5‰以下，対馬暖流域で0.6‰以下といったように黒潮系水の影響の大きいところは比較的小さい．一方，長江河口沖のように中国大陸沿岸水の影響の大きいところは0.8‰以上を示して大きい．朝鮮半島南沖にも0.8‰以上のところが見られる．

5．底層平均水温とその標準偏差

(1) 冬期（図15）

この季節は対流期にあたるので，200m以浅の大陸棚上は表面から底層まで水温の鉛直勾配は非常に小さくなる．したがって，冬の底層水温の分布パターンは長崎海洋気象台[3]の報告にある20年間の表面平均水温のそれとよく類似している．

秋からの変化をみると，東シナ海中・南部の大陸縁辺地域で1〜2℃，対馬西水道域で3℃それぞれ昇温している以外はほとんどの海域で降温している．全般に沿岸域で降温傾度が大きく，特に，長江河口沖から黄海西部の大陸沿岸域にかけては10〜15℃，朝鮮半島西沿岸域で10〜12℃と著しい．これは，寒冷な季節風の発達する季節なのでその影響で急速に冷え込んでくるためであり，季節変化に対応しているものである．一方，黄海中央域から済州島周辺域を経て男女群島周辺の大陸縁辺地域にかけては1〜2℃降温している程度である．

水温は，2〜20℃台の範囲を示しており，その差は約18℃である．東シナ海南部の魚釣島周辺海域で19〜20℃台を示してこの季節では最も高温域となっている．黒潮，対馬暖流域の大陸縁辺地域で15℃台前後を示す．済州島南沖から黄海中央部へ向かって比較的高温な水塊の入り込む状況がよく示されているが，これが黄海暖流に相当するものである．黄海の中国大陸沿岸域は5〜6℃台を示し，この冷水は長江河口沖を経て東シナ海に張り出している状況がよくわかる．この水塊を一般に黄海冷水と呼んでいるが，これは中国大

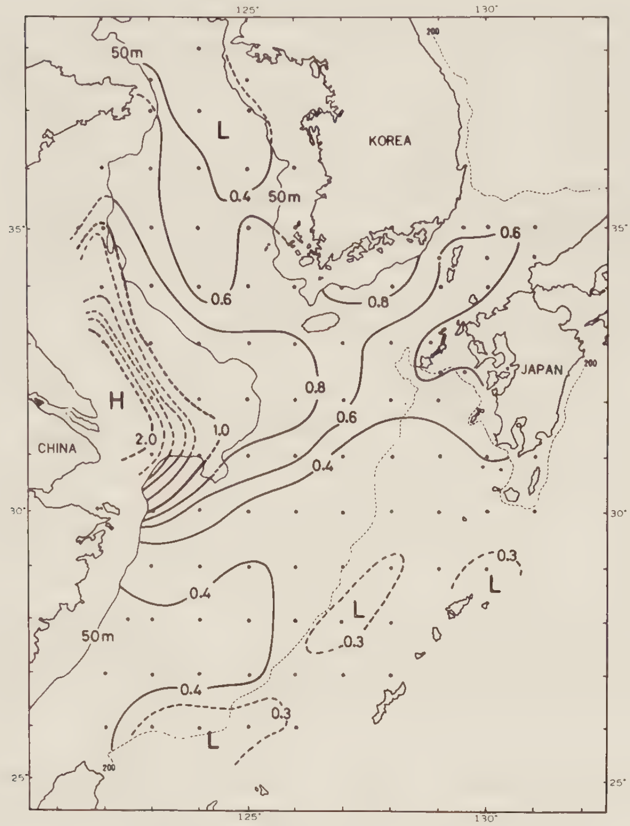


図 14．50m深平均塩分の年較差の分布

陸沿岸水にほかならない．朝鮮半島西沿岸は2～4℃を示し，最も低温域となっている．潮境は，朝鮮半島南沿岸，済州海峡及び中国大陸沿岸水の張り出す先端部に形成されているものが最も顕著である．

標準偏差は，0.4～1.6℃の範囲を示し，50m深のそれに比べて全般にやや低い．1.0℃の低い海域は，朝鮮半島西沿岸から黄海中央域に広がる海域，済州島周辺域から対馬西水道域にいたる海域及び東シナ海南部の魚釣島北方海域にみられ，比較的安定した水温をもっており年による変動が小さい．一方，1.5℃以上の高い海域は，(a)黄海の中国大陸沿岸域，(b)朝鮮半島南沿岸域，(c)東シナ海北部の中央域，(d)中国浙江省沿岸域である．これらのうち，(a)と(d)は中国大陸河川水の流入状況や，浅海のために気象の影響を強く受け易いことを考えれば，これらの海域の水温の年による変動が大きいことが察せられる．(b)と(c)はそれぞれ，朝鮮半島沿岸水と対馬暖流，中国大陸沿岸水と黒潮系水との潮境域にあたるところから，それら水塊の消長によって潮境の位置が異なるために経年変動が大きいのであろう．

(2) 春期（図16）

この季節は，黄海北部の資料が欠けているので，この海域の状況はよくわからない．この海域を除いて，冬からの変化をみると，魚釣島周辺域から男女群島にいたる大陸縁辺地域，そして，さらに済州島南沖を経て黄海中央域にいたる海域及び対馬西水道域で降温している．なかでも魚釣島北東海域では2℃降温している．一方，中国大陸沿岸，朝鮮半島沿岸，九州沿岸及び大陸縁辺地域と黄海中央域を除く東シナ海，黄海域では昇温している．なかでも朝鮮半島西沿岸域で5

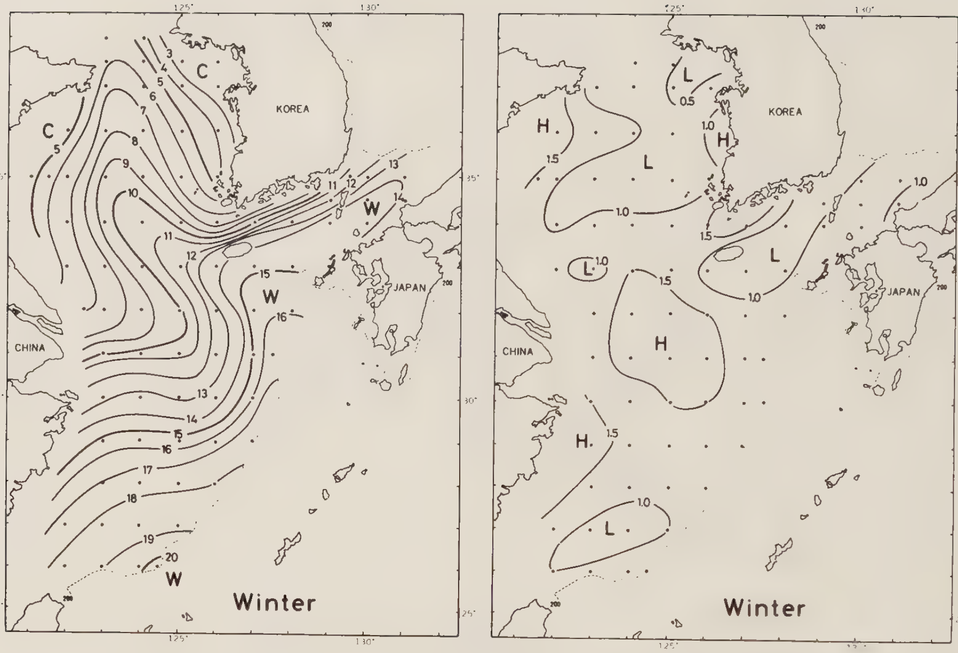


図 15. 冬期（1～3月）における底層平均水温（左）とその標準偏差（右）の分布

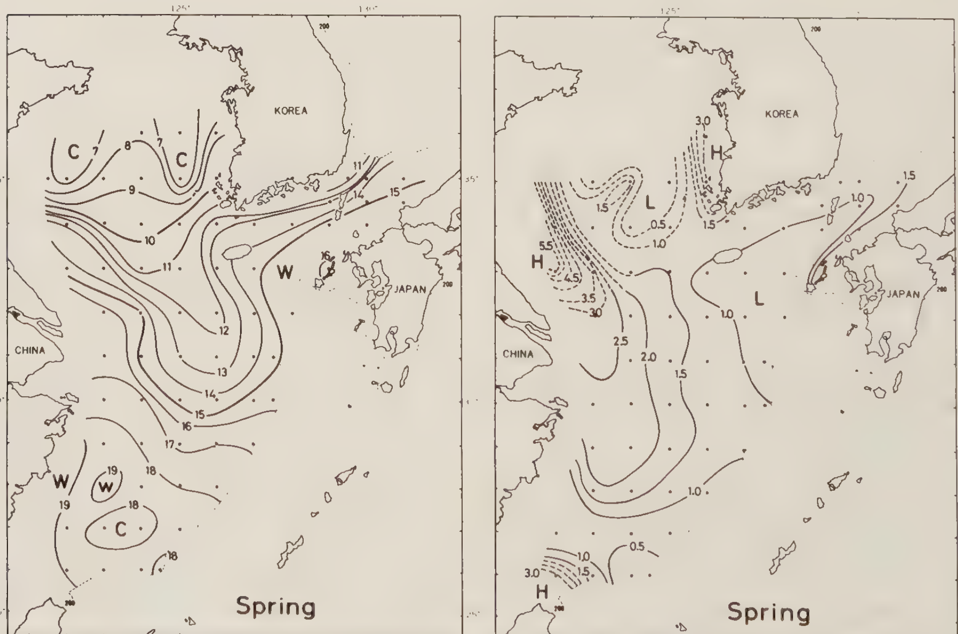


図 16. 春期（4～6月）における底層平均水温（左）とその標準偏差（右）の分布

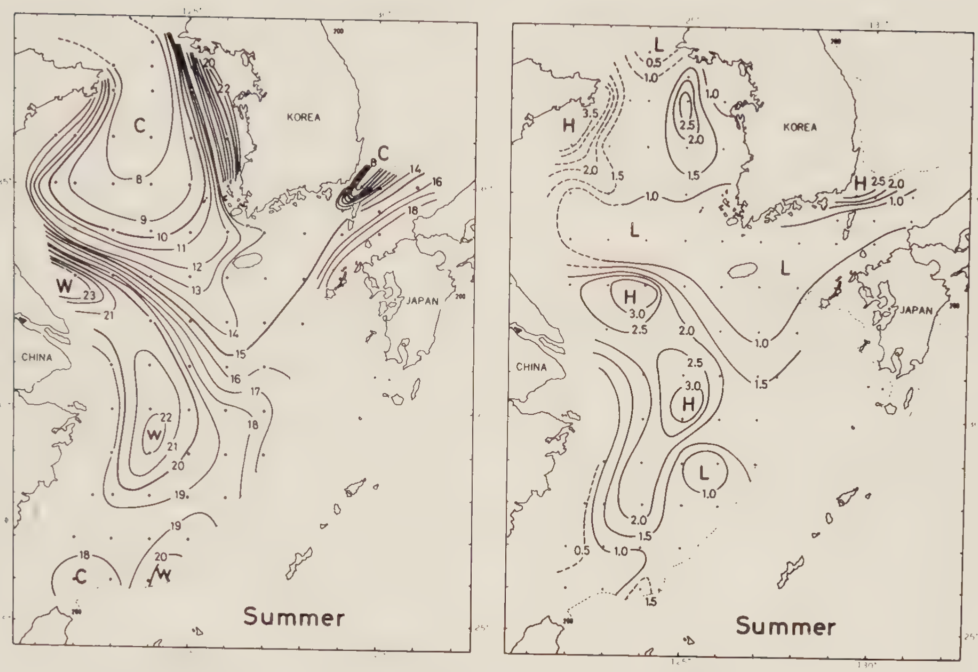


図 17. 夏期（7～9月）における底層平均水温（左）とその標準偏差（右）の分布

℃，長江河口沖から黄海西部の大陸沿岸域にかけては5～9℃と著しい．これは浅海のために日射の影響を受けたもので，季節変化に対応しているものであろう．

水温は，6～19℃台の範囲を示しており，その差は約13℃で冬に比べて小さくなっている．東シナ海南部海域で17～19℃台を示して全海域中最も高いが，そのなかで中国浙江省沿岸域では19℃以上を示し，冬期より1～4℃昇温している．南部海域は，この海域から昇温することがわかる．これは，50m深水温分布にもみられたように，台湾海峡から北上する暖水の影響によるものであろう．中国大陸沿岸域で14～17℃台，九州北沿岸から朝鮮半島南沿岸にかけては12～16℃台，朝鮮半島西沿岸で8～10℃台を示している．黄海中央部から東シナ海北部の中央域にかけては7～14℃台を示して冬から大きな変化はなく，黄海中央部はこの季節では最も低温域となっている．これがいわゆる黄海中央冷水と呼ばれているものである．この水塊の周辺域には傾度の大きい潮境が形成されている．

標準偏差は，黄海域と台湾北沖の資料が少ないので信頼性に乏しいとみるべきで，等量線は点線で示してある．その値は黄海中央域の0.5～1.0℃を除けば3.0℃以上とかなり高い．この海域を除けば0.6～2.5℃の範囲を示し，冬より高くなっているが，50m深のそれよりやや低い．1.0℃以下の低い海域は，東シナ海南部海域と30°N付近から済州島と五島間を経て対馬東水道にいたる海域である．一方，1.5℃以上の海域は，九州・山口県北沿岸域，東シナ海北部・中部の125°E以西の中国大陸沿岸寄りの海域である．特に，大陸沿岸域は2.0～2.5℃を示してかなり高い．これは，大陸河川水の流入状況や気象の影響を受けることや，黄海中央部から東シナ海北部にかけて分布する冷水塊の周辺に形成される潮境域にあたるところであるから年による変動が大きいのであろう．

(3) **夏期**（図17）

この季節は，一般に成層し，躍層は発達する．また，表層水温は年最高を示すが，底層水温は海域によって複雑に変化している．春期からの変化をみると，東シナ海南部の台湾北沖，五島西沖から済州島付近を経て黄海中央域にいたる海域及び対馬西水道域で降温している．なかでも対馬西水道域で3℃と著しく，こ

れは，対馬暖流の日本海への流入に対する一種の補流として潜入する日本海中層冷水の影響によるものであろう．一方，これらの海域以外は昇温しており，なかでも，朝鮮半島西沿岸域で5～10℃，長江河口以北の大陸沿岸域及び東シナ海中部では5～8℃と著しい．前2者は，浅海域で日射の影響を強く受けたものであるが，東シナ海中部の昇温は，後述するように黒潮系水の影響によるものであろう．

水温は，7～23℃台の範囲を示しており，その差は約16℃である．黒潮流域の大陸縁辺地域で17～20℃台，対馬暖流域で14～17℃台を示す．中国大陸沿岸域の長江河口北沖には21～23℃台，東シナ海中部の大陸寄りには21～22℃台の高温水塊が分布している．前者は大陸沿岸水が日射の影響で暖められて高温となったものであるが，後者は等温線の分布や，塩分の高いことから考えると南から北上してきた高温高塩分の黒潮系水の影響によるものであろう．朝鮮半島西沿岸域も20～22℃台の高温域となっている．九州・山口県北沿岸域では16～18℃台を示す．一方，黄海中央域から東シナ海北部海域にかけては，春と同じく7～14℃台を示して低温域となっており，また，対馬西水道域には，日本海固有冷水の潜入の影響で7℃以下の冷水がみられる．これら冷水の周辺には顕著な潮境が形成されており，0.3℃/海里という高い傾度を示すところもある．

標準偏差は，黄海北部と西部及び東シナ海南部の大陸沿岸域は資料が少なく信頼性に乏しいが，0.5～3.5℃の範囲を示し，春期より高く，50m深のそれよりやや低い．1.0℃の低い海域は，東シナ海南部の台湾北沖から大陸沿岸にいたる海域，山口県北沖から対馬東水道，済州島周辺，朝鮮半島南西沿岸を経て黄海南部にいたる海域にみられる．一方，2.0℃以上の高い海域は，(a)長江河口北東沖から東シナ海中央部にいたる海域，(b)朝鮮半島西沖及び(c)対馬西水道域である．特に，(a)は3.0℃以上を示して高い．いずれもこれらの海域は，それぞれ黄海中央冷水と中国大陸沿岸水，朝鮮半島沿岸水，黒潮系暖水及び日本海中層冷水と対馬暖流系水との潮境域に相当するところであるので変動が大きいのであろう．

(4)　秋期（図18）

対流，混合が盛んとなる季節で，底層水温は表層から下層への熱伝導によって夏期より昇温する海域，ま

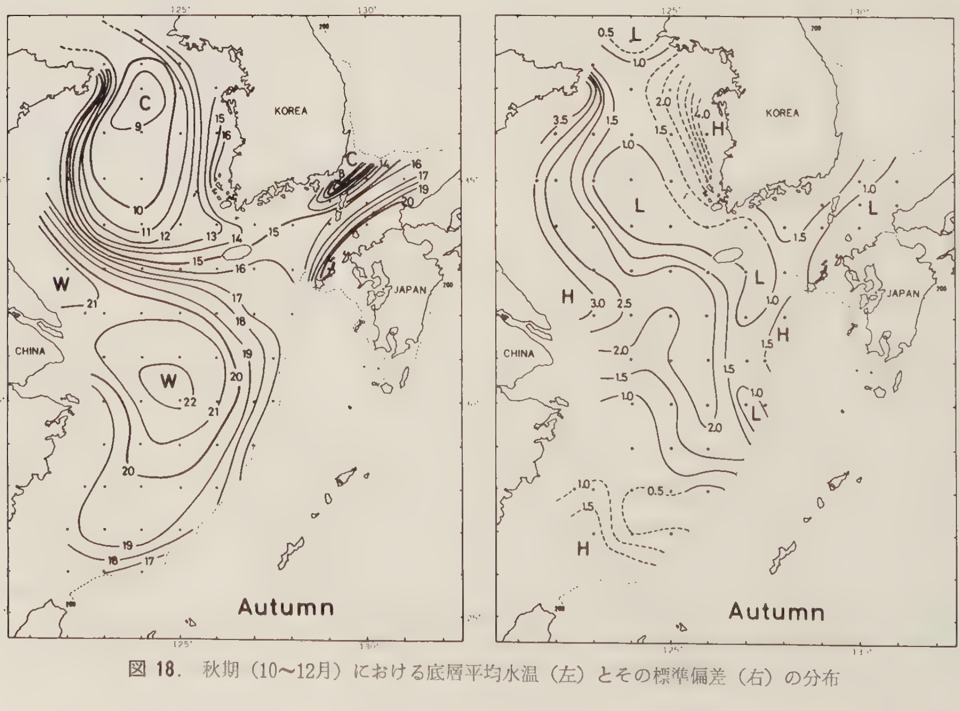


図 18． 秋期（10～12月）における底層平均水温（左）とその標準偏差（右）の分布

た，寒冷な季節風の発達による冷え込みで降温する海域がみられるなど変化は海域によって複雑である．東シナ海南部，大陸縁辺地域及び対馬西水道域で1℃以下，また，朝鮮半島西沿岸域で1〜5℃降温している．つまり，朝鮮半島西沿岸域から早く冷え込んでくることがわかる．一方，これらの海域以外は昇温しているが，そのなかで，黄海西部の大陸沿岸域及び東シナ海北部海域では3〜6℃と著しい．これらの海域は，夏期には比較的に低温域に相当しており，秋期の対流期に入って高温な表層水との鉛直混合によって昇温したものであろう．

水温は，7〜22℃台の範囲を示しており，その差は約15℃である．黒潮流域の大陸縁辺地域で17〜19℃台，対馬暖流域で15〜16℃台を示す．長江河口北沖に21℃台，東シナ海中部に21〜22℃台の高温水が夏期に引き続いて存在している．特に，後者は高温性が持続しており注目される．九州・山口県北沿岸域は18〜20℃台を示して夏期より2℃程度昇温しているが，朝鮮半島西沿岸域は13〜16℃台を示して夏期より著しく降温している．一方，黄海中央部には8〜12℃台を示す冷水が春・夏に引き続いて存在しており，また，対馬西水道域にも夏に引き続き7℃以下の冷水が存在している．これらの冷水の周辺には潮境が形成されているが，夏に比べてその傾度は小さくなっている．

標準偏差は，朝鮮半島西沿岸域と東シナ海南部海域は資料が少なく信頼性に乏しいが，前者で1.5〜4.0℃，後者で0.5〜1.5℃を示す．これらの海域を除けば，0.3〜3.5℃の範囲を示し，夏期とほぼ同じ値であるが，50m深のそれよりやや高い．1.0℃以下の低い海域は，東シナ海南部海域，九州・山口県北沿岸域及び済州島南沖から済州海峡を経て黄海中央部にいたる海域である．一方，2.0℃以上の高い海域は，黄海西

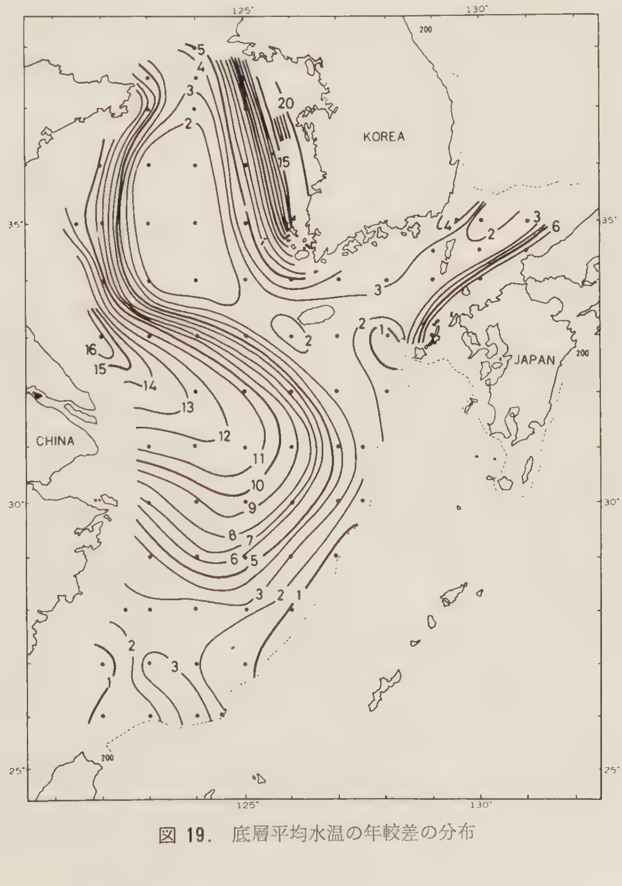


図 19. 底層平均水温の年較差の分布

部から東シナ海北部海域にかけてみられる．なかでも，黄海の大陸沿岸域で3.0℃以上を示す．これらの高い海域は，黄海中央冷水と中国大陸沿岸水や黒潮系暖水との潮境域に相当するところであるから変動が大きいのであろう．

(5) 底層平均水温の年較差（図19）

底層水温の季節変化は，浅海域を除くと表面・50m深水温のそれに比べて位相の「ズレ」がみられる．底層水温の年最高最低の現われる季節をみると，最高はほとんどの海域で秋期に，最低は冬期に現われている．しかし，朝鮮半島沿岸域，中国大陸沿岸域は夏期に最高が現われている．これは日射の影響によるものである．また，台湾北沖から北東へ延びる200m等深線に沿った大陸縁辺地域での最高最低の現われる季節は多様である．東シナ海北部の大陸縁辺地域から済州島南沖を経て黄海中央部にいたる海域では，春期または夏期に最低が現われており，対馬西水道域では冬に最高，夏に最低が現われる．このように，海域によって底層水温の最高最低の現われる季節は複雑であるので，年較差をみてもあまり意味がないかも知れないが，50m深との比較ということであえて記述すると，黒潮流域の大陸縁辺地域，対馬暖流域，済州島周辺域，対馬周辺域及び黄海中央部の黄海中央冷水域で1〜3℃を示し，年変化が最も小さい．中国大陸沿岸域，朝鮮半島西沿岸域では13℃以上を示して最も大きい．なかでも，朝鮮半島西沿岸の極く沿岸域では20℃にも達する．

6. 底層平均塩分とその標準偏差

(1) 冬期（図20）

この季節は水温分布の場合と同様，200m以浅の大陸棚上は鉛直混合によって表面から底層までの鉛直勾配は非常に小さい．

秋からの変化をみると，長江河口沖から東シナ海中部を経て台湾北沖へいたる大陸沿岸域及び朝鮮半島西沿岸から黄海中央域に向かってひろがる海域で降塩している．そのなかでも長江河口沖で0.4〜1.0‰，朝鮮半島西沿岸域で0.4〜0.6‰降塩していて比較的に変化が大きい．一方，東シナ海の大陸縁辺地域，東シナ海北部から済州島周辺海域を経て黄海西部の大陸沿岸に

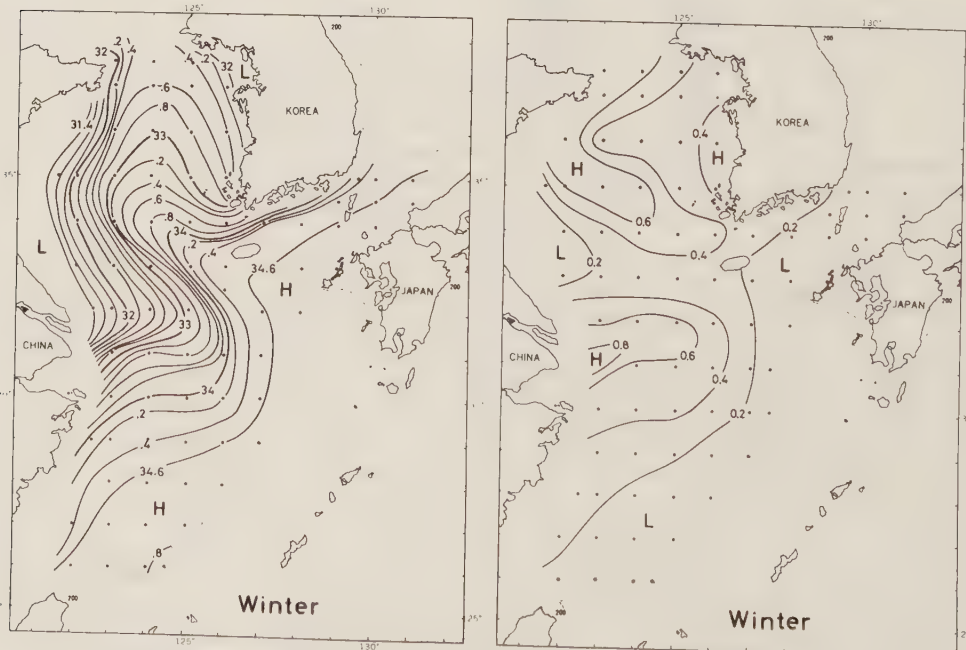


図 20．冬期（1〜3月）における底層平均塩分（左）とその標準偏差（右）の分布

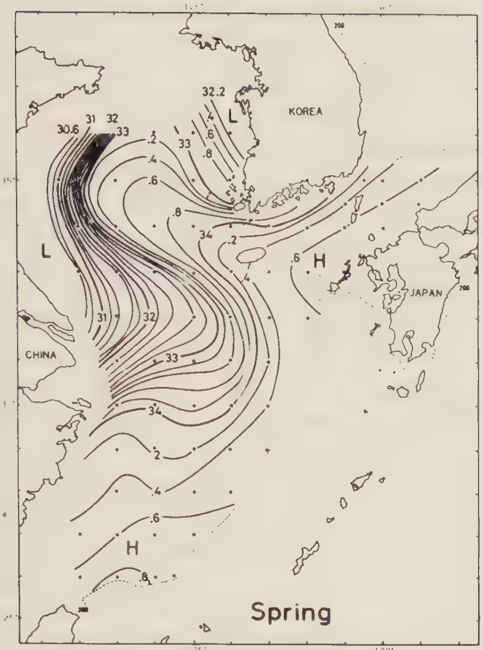




図 21. 春期（4～6月）における底層平均塩分（左）とその標準偏差（右）の分布

いたる海域及び五島西沖から朝鮮半島南沿岸，対馬周辺海域，山口県沖にいたる海域は昇塩している．なかでも，黄海西部域では0.8～1.8‰と著しい．

塩分は，31.3～34.8‰の範囲を示しており，その差は3.4‰である．台湾北沖から北東に延びるほぼ100m等深線より以東の大陸縁辺地域の黒潮流域及び五島西沖から山口県沖にいたる対馬暖流域で34.6‰以上を示して最も高塩分域となっている．また，済州島南沖を経て黄海中央域へ向かう黄海暖流域でも比較的に塩分は高い．一方，黄海西部の大陸沿岸域では31.4‰以下を示して最も低く，長江河口沖を経て東方に指向している．この低塩分が中国大陸沿岸水に相当するものでである．黄海中央域は32.8～33.8‰台を示す．朝鮮半島沿岸域では，西沿岸で32.0～32.4‰を示しているのに対し南沿岸では33.4～34.4‰を示して高い．これは対馬暖流の影響を受けているためであろう．塩分分布の顕著な不連続帯は黒潮，黄海暖流と中国大陸沿岸水との間及び朝鮮半島南沿岸域に形成されている．

標準偏差は，0.1～0.8‰の範囲を示している．0.2‰以下の低い海域は，台湾北沖からほぼ100m等深線に沿って北東へ延び，済州島付近を経て対馬西水道にいたる線から東側の大陸縁辺地域と黄海西部の大陸沿岸域にみられ，比較的に安定した塩分値をもっており，年による変動が小さい．一方，0.6‰以上の高い海域は，黄海域では山東半島周辺から黄海中央部に向かって舌状に延びる海域，また，長江河口沖にみられる．なかでも長江河口沖には0.8‰以上を示すところがみられ，全海域中最も高い．これは中国大陸河川水の流入量の多少と関係が深く，年による塩分の変動が大きいことを意味している．

(2) 春期（図21）

台湾北沖から中国浙江省にいたる海域，東シナ海中北部及び黄海西・南部から済州島周辺域を経て朝鮮半島南沿岸域にいたる海域で低くなっている．なかでも，長江河口沖及び黄海西部の大陸沿岸域から黄海南部を経て済州島南西沖にいたる海域では0.6～0.8‰と著しく低くなっている．これは，大陸河川水の増水による影響と思われ，その影響はかなり広範囲にわたっている．一方，東シナ海南部の一部，九州・山口県沖及び黄海中央域，朝鮮半島西沿岸域では高くなってお

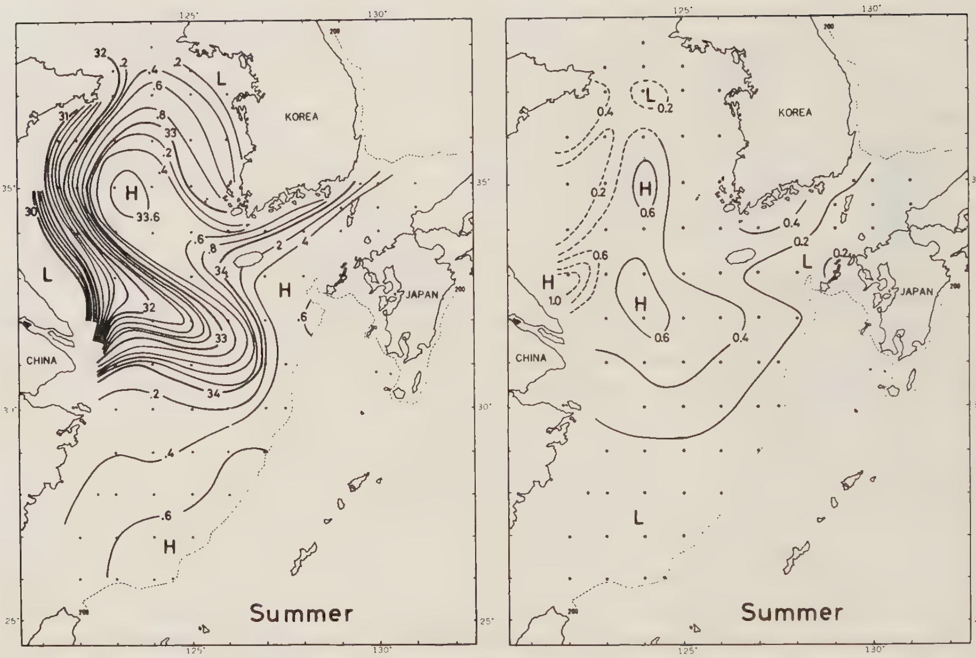


図 22. 夏期（7～9月）における底層平均塩分（左）とその標準偏差（右）の分布

り，なかでも，黄海中央域は0.4～0.6‰と著しく高くなっている．

塩分は，黄海北部の資料が欠けているので，この海域の状況は わからないが， 30.5～34.8‰ の範囲 を示し，その差は4.3‰である．塩分分布の水平 差が 冬より大きくなっており，また，冬期に比べて全般に塩分は低下しているが，分布のパターンはよく類似している．大陸縁辺地域の黒潮流域及び五島と済州島間，九州・山口県沖では34.4～34.6‰台を示し，この季節では最も高い海域である．一方，黄海西部から長江河口沖にいたる 中国大陸沿岸域では 31.0‰ 以下を示して最も低塩分域となっている．これが大陸沿岸水に相当するものである． 黄海中央域は 32.8～33.8‰ 台， 朝鮮半島の西沿岸域で32.2～32.6‰台，南沿岸域で32.6～34.2‰ 台を示す． 顕著な不連続帯は， 黒潮， 黄海暖流と大陸沿岸水との間に形成されており，その傾度は冬より 大きくなっている． これは， 沿岸水の 塩分示度が冬より低くなったことに起因しているのであろう．

標準偏差は，黄海北部海域は資料が少ないので等量線は破線で示しているが，この海域を除けば0.0～0.8‰の範囲を示している． 0.2‰以下の海域は， 東シナ海南部と 男女群島 南西方の 大陸 縁辺地域から五島西沖，対馬海峡を経て山口県沖にいたる海域である．これらの海域は比較的に安定している．一方， 0.6 ‰以上の高い海域は長江河口沖と済州島間の海域である．この 海域は 冬と同様に 塩分の 不連続帯に相当しており，大陸河川水の消長と関係が深く，年による変動が大きいのであろう．

(3) 夏期（図22）

河川水の流入量の増加に伴って年間を通して塩分が最も低下する季節である．春期からの変化をみると，東シナ海南部及び黄海南部から済州島周辺を経て九州・山口県沖にいたる海域で低くなっているが，なかでも大陸沿岸域では0.4～0.6‰と大きい．一方，長江河口沖から東シナ海中・北部にいたる海域及び黄海中央域では 高くなって おり， なかでも 長江河口沖一帯は0.6～1.6‰と著しく高くなっている．これは前述したように，黒潮分派の北上によるもので，その影響は長江河口沖にまで達することがわかる．

塩分は，29.3～34.7‰の範囲を示しており，その差は5.4 ‰で春よりさらに大きくなって，塩分分布の水

平傾度は年間を通して最も大きい．しかし，分布のパターンは冬期，春期と変ってない．東シナ海南部の台湾北東海域から大陸縁辺地域の黒潮流域及び五島西沖から九州・山口県沖にかけては春期と同じく34.4〜34.6‰台を示す．一方，黄海西部から長江河口沖にいたる大陸沿岸域では30.0‰以下を示してこの季節では最も低塩分域となっている．黄海中央域は32.8〜33.6‰台，朝鮮半島西沿岸域で32.2〜32.6‰台，南沿岸域で33.6〜34.0‰台を示す．

以上のように，長江河口以北の大陸沿岸域では春期に比べて1.3‰前後低下しているが，黄海中央域ではほとんど変っておらず，一方，黒潮系水を指標する34.0‰等量線の位置をみると，東シナ海では，冬期，春期に比べて北上して長江河口南東沖にまで達している．その先端部周辺域には塩分の不連続帯が著しく発達して，傾度の最も大きいところでは2.2‰/30海里を示し，この季節の特徴といえる．この34.0等値線の北上は，中国大陸沿岸水が表層を南出するのに伴う一種の補流として黒潮系水が底層に潜入して南から北上することを意味しているものと考えられる．

標準偏差は，資料の少ない黄海西部・北部を除けば，0.1〜0.7‰の範囲を示している．0.2‰以下の海域は，東シナ海南部と男女群島南西方の大陸縁辺地域から五島西沖を経て九州・山口県沖にいたる海域である．一方，0.6‰以上の高い海域は黄海中央域と長江河口東沖にみられ，春期に比べてその範囲は小さくなっている．

(4) 秋期（図23）

夏からの変化をみると，低塩，高塩の海域は複雑多様であるが，大まかには，黄海西部から長江河口沖を経て東シナ海南部にいたる海域及び五島西沖から対馬西水道域にいたる海域で低くなっている．なかでも黄海西部では0.4〜0.8‰と著しい．この海域は海深は比較的に浅く，夏期に河川水の流入によって形成された低塩分の表層水が，秋の対流期に底層水と混合することによって塩分は低下するものと思われる．一方，東シナ海南部の一部の海域，東シナ海中・北部の大陸縁辺地域から済州島周辺域を経て黄海東部や朝鮮半島西沿岸域にいたる海域及び九州北海岸で高くなっている．なかでも東シナ海北部で0.4〜0.8‰，朝鮮半島西

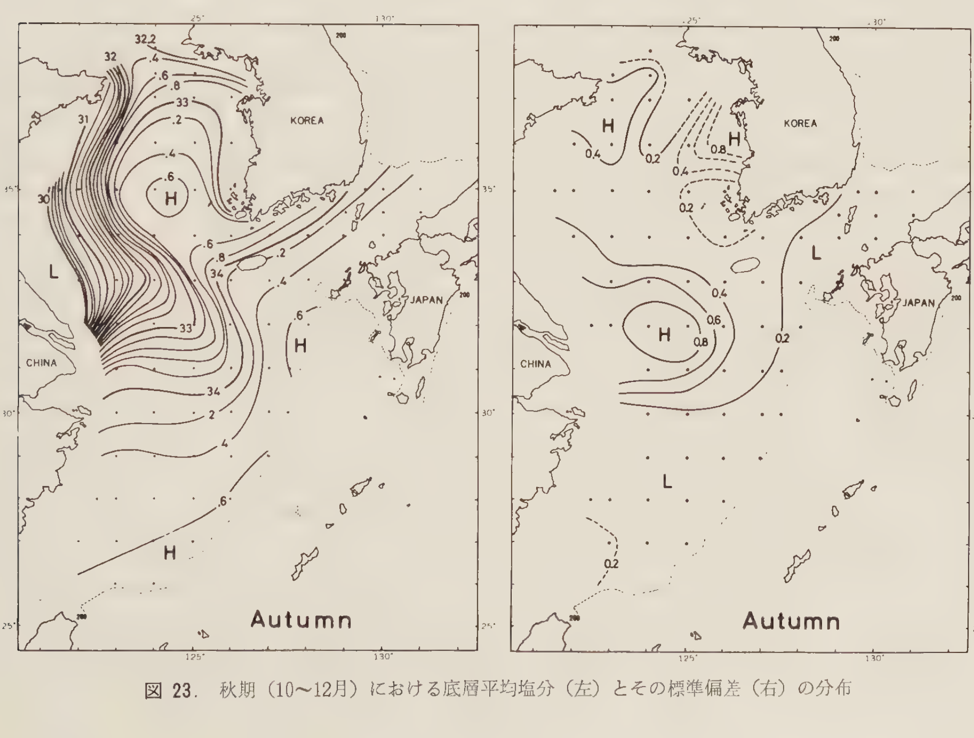


図 23. 秋期（10〜12月）における底層平均塩分（左）とその標準偏差（右）の分布

沿岸域で0.4〜1.2‰と著しい．これは浅海域で，しかも河川水の流入量の減少による影響であろう．

塩分は29.6〜34.7‰の範囲を示しており，その差は5.1‰で夏期より僅かに小さい．しかし，分布のパターンは夏期とほとんど変らない．台湾北東海域から大陸縁辺地域の黒潮流域及び男女群島南西海域から五島西沖を経て九州・山口県沖にいたる海域は34.4〜34.6‰台を示す．一方，黄海西部から長江河口沖にいたる大陸沿岸域では30.0‰以下を示し，この季節では最も低塩分域となっている．黄海中央域は33.0〜33.6‰台，朝鮮半島の西沿岸域で32.4〜33.0‰，南沿岸域で33.6〜34.0‰台を示す．この季節でも，夏期から低塩，高温になる海域がみられるものの夏期と同様に顕著な不連続帯が形成されている．

標準偏差は，資料の少ない朝鮮半島西沿岸域を除けば0.1〜1.0‰の範囲を示し，他の季節に比べて高い．0.2‰以下の海域は，夏期と同じく，東シナ海南部と男女群島南西海域から五島西沖，対馬海峡を経て山口県沖にいたる海域である．一方，0.6‰以上の高い海域は長江河口の東沖一帯にひろがる海域である．その中心域は0.9‰台を示し，年間を通じて最も高い．この海域は，塩分の不連続帯にあたっており，大陸河川水の消長とも関係が深く，年による変動が大きいものと考えられる．

(5) 底層平均塩分の年較差（図24）

表面では一般に，塩分の年最高は冬期から春期にかけて，また，年最底は夏期に現われるものであるが，底層の場合は，非常に複雑であり，水温のように特定の季節に最高最低が現われるといった傾向性はない．つまり，前述したように海域によって，冬期，春期，夏期，秋期のいずれかの季節，または，複数の季節にまたがって最高最低が現われる．

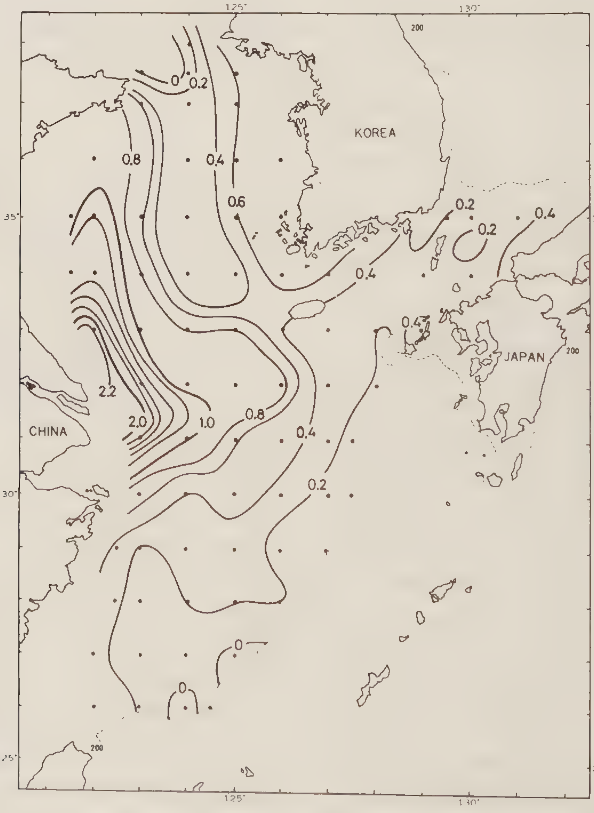


図 24．底層平均塩分の年較差の分布

最高の現われる季節を大まかにみると，台湾北東海域から大陸縁辺地域に沿った海域，男女群島周辺域から済州島付近を経て長江河口北沖の大陸沿岸にいたる海域，五島西沖から対馬海峡を経て山口県沖にいたる海域及び黄海域の山東半島周辺では冬期または春期に，長江河口から浙江省沿岸にいたる大陸沿岸寄りの海域と黄海西部海域は夏期に，また，朝鮮半島西沿岸域と東シナ海中部域は秋期にそれぞれ現われている．一方，最低は，浙江省沿岸域と黄海中央域は冬期に，長江河口沖から大陸縁辺地域にいたる海域は春期に，台湾北東域と黄海西部の大陸沿岸域及び朝鮮半島西沿岸域から済州島南沖にいたる海域は夏期に，黄海北部から黄海南部にいたる海域と五島西沖から対馬海峡を経て山口県沖にいたる海域及び東シナ海南部の魚釣島北方海域は秋にそれぞれ現われている．

年較差をみると，東シナ海南部から大陸縁辺地域，五島西沖，対馬海峡を経て山口県沖にいたる海域，黄海の北部から中央部を経て南部にいたる海域は0.0〜0.4‰を示して最も小さい．なかでも，黄海北部と東シナ海南部の大陸縁辺地域には小範囲ではあるが，各季節を通して0.0‰台の非常に変化の小さいところが存在する．長江河口沖から黄海西部にいたる海域は1.0〜2.2‰の範囲を示している．なかでも長江河口沖は2.0‰以上を示して最も大きい．これは河川水の影響が大きくきいているためであろう．

論　　議

以上のように，東シナ海・黄海における海況の変化は，大きくみると，黒潮と中国大陸沿岸水の勢力の消長に左右されるといっても過言ではない．東シナ海・黄海の総面積の約70%は大陸棚に占められているが，春期から秋期にかけて，特に夏期には河川水の流入量が増加することもあって水温，塩分の躍層が著しく発達して鉛直構造も複雑となる．しかし，東シナ海・黄海全体の水塊分布，変化の特徴は50m以深の中・底層の分布状態からも充分に把握できる．以下は，50m深及び底層の水温，塩分の分布とその変化から論議を進める．

台湾東沖から東シナ海へ入った黒潮は，その流路，水温，塩分とも季節的，経年的にも非常に安定しており，しかも，この黒潮から分かれて広大な大陸棚上を流れる黒潮分派や対馬暖流も安定しているとみて差しつかえない．また，春期になると，台湾海峡から高温，高塩分水が大陸沿岸に沿って北上し，黒潮分派と合流することも一つの特徴であり，この状態は夏期まで認められる．

東シナ海・黄海における中（50m深）・底層水温，塩分は，季節的にあまり変化しないところもあるが，全体的には変化がみられる．特に東シナ海中部を中心とする海域は，夏期に高温，高塩分水が孤立した状態でかなり広範囲に出現し，この状態は秋まで持続して分布するといったように冬期，春期とは異なった分布パターンを示している．つまり，この海域では水塊分布の季節変化が認められる．この高温，高塩分水は，前述したように台湾北沖から北上してきた黒潮系水が沈降したものと考えられる．これに関連して，松宮ら[32]は，この海域には密度分布や海底地形などからみて環流が形成されている可能性のあることを指摘しており，また，赤松[33]は，夏期の特徴として大陸棚上の80m以深部に存在する底層水は台湾北沖から黒潮表層水の一部が大陸棚上に流入して大陸棚水と混合し，塩分はさほど低下せず水温のみが変化したために密度が増加して非常に緩慢な速度で沈降したものであると報告しており，今回の結果と一致している．しかし，一方では，深瀬[34]，松宮ら[32]は，東シナ海中・南部には16〜19℃，34.3〜34.8‰を示す水塊（深瀬[34]はこの水塊を南部底層水と呼んでいる）が周年にわたって安定して存在し，季節変化はあまりないと報告していて，今回の結果と異なっているので，このことについて今後，さらに流れ，水塊の鉛直構造等の面からの解明を行う必要がある．

中国大陸沿岸水は，河川水の流入によって養成される水塊であるから塩分の低いのが特徴である．したがって，この水塊の指標として塩分値は非常に有効である．この沿岸水は長江河口北方の大陸沿岸域に分布の中心が存在するが，冬には冷却されて低温となり，寒冷な季節風の連吹作用で東シナ海へ張り出すようにな

る．夏になると，河川水の流入量が多くなるので，この沿岸水の東シナ海に占める面積は大きいものと考えられるが，それは表層に限ってみられることであり，中・底層においては，この水塊の分布範囲は各季節を通じて最も縮小していることが注目される．これは，前述したように，黒潮系水が長江河口沖の大揚子砂堆の南沖にまで北上するためその影響を強く受けたものであり，一方，大陸沿岸水は暖められて低密度となり表層を広くおおって東シナ海へ張り出すからであろう．つまり，大陸沿岸水が表層を南下するため，その一種の補流として黒潮系水が南から潜入北上するといった関係にあるのかも知れない．この機構解明についても今後の重要な検討課題である．

黄海中央冷水は，冬の対流期に黄海暖流が黄海中央域へ流入して中国大陸沿岸水や朝鮮半島沿岸水などと混合して形成された水塊である．この水塊は，春期，夏期，秋期には大体30m以深に孤立した状態で分布し，冬期のように他の水塊との混合はほとんど認められず，むしろ，冬期に形成された水塊があまり変質しない状態で残存するといったいわば溜り水のようなもので，周辺の水塊に比べて非常に密度が高い．

次に，以上の結果から東シナ海・黄海における水塊分布を模式的に示してみよう．水塊分布の模式図については，宇田[12]，井上[15] らによって示されているが，それは断片的な資料に基づいて画いたものであり，季節的な海況変化を考えると必ずしも実況を充分に表現してない．ここでは，前述したように，水温，塩分の平均的な分布から冬期と夏期の水塊分布の模式図を画き，それぞれ図25，図26に示す．これらの図は，50m深を中心に画き，大陸棚上の沿岸域の50m以浅の海域は底層のものを示す．水塊の分布，動きについては前述したので，ここでは分布特性について述べることに

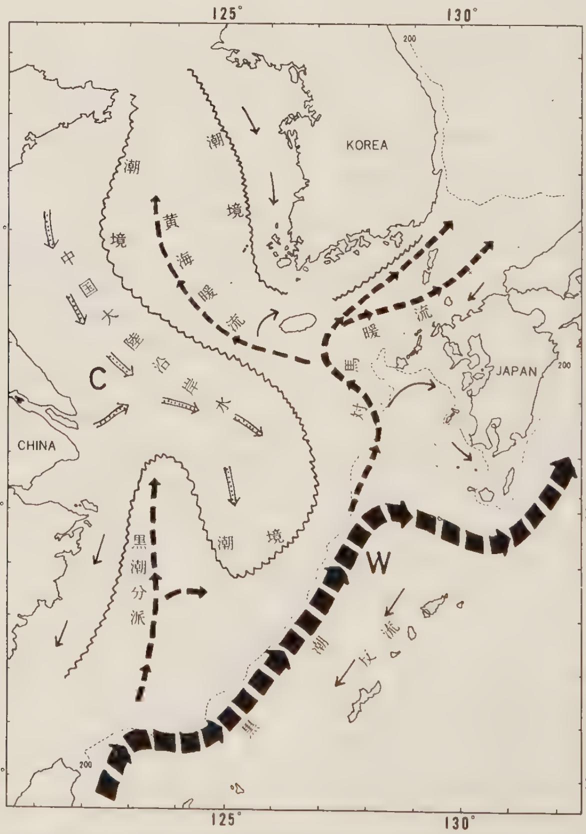


図 25．冬期における水塊分布模式図（50m深を中心として画く）

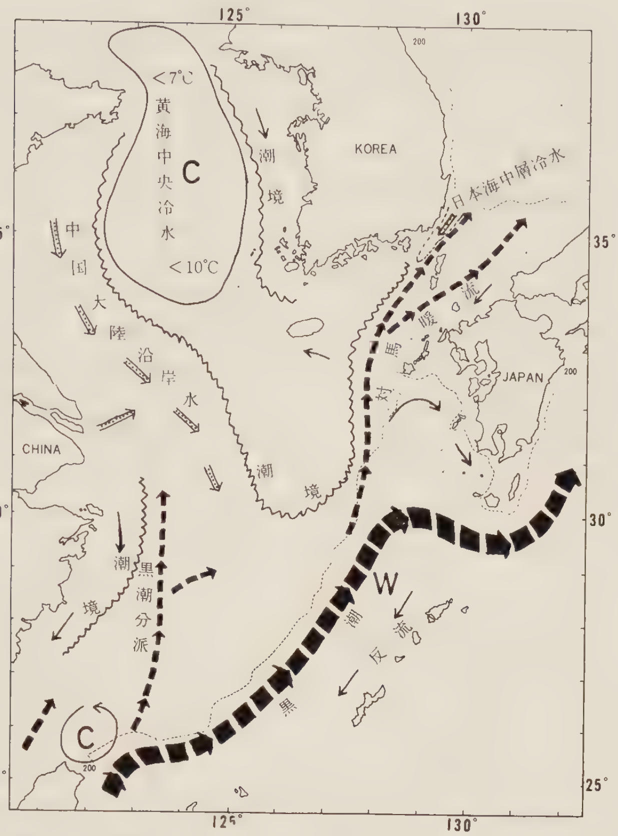


図 26. 夏期における水塊分布模式図（50m深を中心として画く）

する．

黒潮は，台湾東沖から東シナ海へ入ったところで，冬期は夏期に比べて蛇行がやや大きいが，その後は大陸斜面に沿って北東へ流れる．この流路は安定している．南西諸島西沖には周年を通して南西に向かう黒潮反流が存在する．黒潮分派は台湾北東沖から派生してほぼ123.5°E線に沿って北上し，その先端は大揚子砂堆の南沖に達する．しかし，この分派の海洋構造と季節変化については明らかにされてない．また，春から夏にかけて台湾海峡から暖水の北上する分派が目立つようになる．夏期にはこれらの水塊の動きに伴う地形性の渦動域が台湾北沖に形成されるようになり，その中心域は，50m深で22℃台，底層で17℃台を示す低温域となる．

対馬暖流は，黒潮から分岐後九州西沖を北上して対馬東西両水道を通って日本海へ入るが，その流路をみると，夏期は比較的に五島西沖までは直線的であるのに対して，冬期には五島西沖で大きく蛇行し済州島へ接近して流れる．そして，済州島南沖を通って黄海中央域に向かう黄海暖流を派出する．このために，黄海中央域は周辺海域より高温域となる．この黄海暖流は中国大陸沿岸水の南出に伴う一種の補流とみられている．この暖流は夏期には発達しない．また，夏期には対馬西水道の底層に日本海から中層冷水の潜入が認められる．その中心域の水温は5℃以下を示すが，対馬下島の南西沖にまで南下することはないようである．

中国大陸沿岸水については前述したとおりであるが，特に低塩分で，冬期には低温となり，夏期には高温，低密度となって海面をおおって東シナ海へ張り出し，対馬暖流の表層水と混じる．また，黒潮の表層水にも影響を及ぼす．

東シナ海・黄海域に形成される潮境は，近藤[14,26]，

森[35]，森・佐々田[36] らが報告しているようにアジ・サバ類漁場形成の条件として重要な意味をもっている．図25，図26の模式図には，主として50m深等温線の傾度の大きいところの中軸位置を潮境として示したものである．この潮境は，模式図からわかるように主に黒潮系暖水，中国大陸沿岸水，黄海中央冷水及び朝鮮半島沿岸水等の境に形成されているが，特に東シナ海中央部と五島西沖ではその位置が冬期と夏期とで異なっている．前者は，冬期には中国大陸沿岸水の張り出す前面に，夏期には黄海中央冷水の済州島南沖に舌状に延びるその前面にそれぞれ形成されるからである．また，後者は，冬期には対馬暖流が済州島に接近して流れるために朝鮮半島南沿岸に沿って形成されるのに対し，夏期には対馬暖流の流路が冬期に比べて五島寄りに東偏し，一方，朝鮮半島沿岸水の南への張り出しもあって潮境は済州島と五島との中間域に形成される．この海域におけるまき網漁場が冬期には済州島寄りに，夏期には五島寄りに形成されるのはこのことと関係が深いものと考えられる．

また，懸濁物質，プランクトン，魚卵・稚仔魚等の分布はそれぞれ，代田・田中[37]，小笹[38]，野島[37]，浅見[40]らが報告しているように，潮境及びその周辺域，渦動域に収れんすることが多い．

以上のように，水塊の分布，変化についての解明と同時に，潮境の実態と海洋構造を解明することは，漁場形成や魚卵・稚仔魚の生き残り，輸送問題を追究していくうえで重要なことである．

要　　約

東シナ海・黄海における漁況変動や漁場形成に及ぼす海況の影響を明らかにするため，今回はまず，漁場海況の基本図作りの手始めとして平均水温，塩分の分布パターンについて検討した．

資料は，1957〜1970年間に内外の関係機関によって観測されたものである．毎回の観測ごとに作成した50m深及び底層の水温，塩分の分布図から緯経度1°または30′の格子点ごとに水温，塩分値を読みとって冬期（1〜3月），春期（4〜6月），夏期（7〜9月），秋期（10〜12月）の季節別に平均値を求め，これによって水平分布図を作成して検討した．その結果は次のとおりである．

(1) 中（50m深）・底層の水温，塩分の分布パターンは，東シナ海においては各季節を通じて基本的には変らないが，黄海においては，その中央域に春期から秋期にかけて10℃以下の黄海中央冷水が躍層下に温存され，その周辺域には顕著な潮境が形成される．しかし，冬期にはこの海域には黄海暖流の差し込みによって黄海域では最も高温域となる．

(2) 東シナ海中央域には，夏期から秋期にかけて高温高塩分の水塊が分布するようになる．これは，黒潮系水が南から北上して形成されたものと推測される．

(3) 夏期には，台湾北沖に地形性の渦動域が形成され，周辺域より水温は低い．一方，台湾北東沖から北上する高塩分の黒潮分派は大揚子砂堆の南沖にまで達し，その周辺海域の海況に影響を及ぼしている．また，対馬海峡の西水道の底層には日本海中層冷水の南下潜入が認められるが，その規模は小さい．

(4) 春期になると，台湾海峡から北上する暖水の影響で，東シナ海の中・底層水温は中国大陸南部の沿岸域から早く昇温する．この暖水の北上は夏期まで続いて認められる．

(5) 黒潮主流域の水温，塩分は最も安定しており，経年変動が非常に小さい．対馬暖流域がこれに次いでいるが，中国大陸沿岸水域は不安定で経年変動が大きい．これは風，降雨量等の気象の影響によるものと思われる．

(6) 黄海暖流は，冬期には等温線の分布からもその存在が明瞭に認められるが，春期，夏期，秋期には不明瞭となり存在しないようである．

(7) 潮境は，主として黒潮，対馬暖流と中国大陸沿岸水，朝鮮半島沿岸水等との間に各季節を通じて形成される．その位置は，東シナ海中・北部と五島西沖を除けばほぼ同じ場所にみられる．水温傾度の最も大きいところは春期，夏期，秋期に存在する黄海中央冷水の周辺域である．

(8) 水温，塩分の標準偏差は，黒潮，対馬暖流域で小さく，中国大陸沿岸水域で大きい．特に，潮境域で

著しく大きく現われている．これは水塊の勢力の消長によって潮境の形成される位置が年によって異なるためであろう．

む す び

以上，東シナ海・黄海における50m深，底層の水温，塩分分布とその季節変化について述べたが，平均的な状態ということで，特定海域における微細な変化や特徴については明らかにすることはできなかった．それは今後の検討課題にするとして，今回の結果が，東シナ海・黄海の海況の全体像を大局的に理解し，今後の水産海洋研究を推進するうえで仮説の設定，水塊を代表する地点の選定及び漁海況予測研究を行うための基礎資料の一助になるものと確信する．

また，漁況と海況との関係や漁場形成機構，魚卵・稚仔魚の分布，輸送問題等を解明するには，水塊の分布とその変動実態を把握するばかりでなく，潮境の位置，構造等の解明も必要である．そのことからも，今回の結果から各季節を通じて潮境の形成される場所が判明したことはこの方面の研究を推進していくうえで重要な意味をもっている．このことは，今後，海洋調査，漁況海況予報事業の定線調査及び魚卵・稚仔魚調査等の定線を設定するときの参考になるものと思う．

第2報以降では，水温，塩分の鉛直構造，水塊の海洋構造と変動実態の把握，流況及び漁況と海況との関係，さらに，イワシ，アジ，サバ類等の漁場形成機構の解明等について検討していきたい．

文 献

1）土田武雄 1975：東シナ海における水温・塩分・溶在酸素量の平年値．海洋科学，シンポジウム(63) 33〜38．

2）藤原伊佐美 1981：東シナ海の海況—水温・塩分・溶在酸素量の平年値（1951〜1980）—．海洋科学，シンポジウム（138）264〜270．

3）長崎海洋気象台 1975：東シナ海の海面水温20年報（1953〜1972）．気象庁技術報告，（89） 1〜99．

4）M. Koizumi 1962：Seasonal variation of surface temperature of the East China Sea. *Jour. Oceanogr. Soc. Japan.* 20th Anniv. Vol., 321〜329.

5）小泉政美 1964：東シナ海の海面水温の標準偏差について．日高教授還暦記念海洋学論文集，140〜144．

6）井上尚文 1975：東シナ海大陸棚上の海底付近の流動．「東シナ海に関するシンポジウム特集号」海と空，**51** (1)，5〜12．

7）みなと新聞社 1968：東海・黄海漁場海底障害物図誌．1〜68，みなと新聞社，下関市．

8）H. Kawai 1969：Statistical estimation of isotherms indicative of the Kuroshio axis. Deep Sea Res., Suppl., to (16) 109-115.

9）近藤正人・玉井一寿 1975：東シナ海の流況．海洋科学，シンポジウム，(63) 27〜33．

10）宇田道隆 1941：昭和14年6，7月における支那海方面の海況．水産試験場報告，(11)，39〜97．

11）辻田時美 1957：東支那海及び対馬海峡の漁業海洋学—I．漁場の水理構造とその生態学的特徴．西水研研報（13），1〜47．

12）宇田道隆 1950：東支那海の水温変化．東海黄海の海況（2），1〜10，西海区水産研究所．

13）吉田昭三 1952：昭和26年6月における東海の海象．水路要報（28），426〜428．

14）近藤正人 1969：東シナ海における水塊の変動と漁場形成について．冷水塊の水産資源の分布・消長に及ぼす影響に関する研究報告書，46〜83．農林水産技術会議．

15）井上尚文 1974：西日本海々域の海洋学的特性．対馬暖流．水産学シリーズ（5），27〜41．日本水産学会編．

16）前田明夫 1983：東シナ海の黒潮及び黒潮周辺の流況．海洋科学**15**（6），332〜338．

17) 長崎海洋気象台 1970：東シナ海陸棚海域測流観測報告．海洋速報（58），1～21．
18) 三井田恒博・角 健造 1967：対馬東水道海域における海況の短期変動について—I．一昼夜観測結果．福岡県水試調査研究報告（13），9～24．
19) C. K. LEE 1970：On the Currents in the Western Channel of the Korea Strait–I. Currents in Aug., Dec., '68 and Mar., '69, *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*（6），175～231．
20) 小川嘉彦・三井田恒博・市原 厚・長谷川義信・井上尚文 1978：海流板で測定された対馬暖流の変動（英文）．西水研研報（51），13～44．
21) 大塚一志 1964：熱収支からみた1963年冬季の東シナ海異常低水温について．研究時報**16**（6），14～21．
22) O. ASAOKA and S. MORIYASU 1969：On the Circulation in the East China Sea and Yellow Sea in Winter (Preminaly report), *Oceanogr. Mag.*, **18**（1～2），73～81．
23) 加藤威夫 1958：近年における冬季の東支那海の海況について．研究時報**11**（9），743～751．
24) 松平康男 1933：長崎—上海間表面観測結果．海洋時報**5**（2），439～459．
25) 宇田道隆 1938：日本近海下層水塊の起源について．陸水学雑誌**8**（3，4），195～204．
26) 近藤正人 1969：黄海冷水とまき網漁場について．水産海洋研究会報，特別号（宇田道隆教授退官記念論文集），279～285．
27) 宇田道隆 1934：日本海・黄海・オホーツク海の平年各月海況．水産試験場報告（5），191～236．
28) 近藤正人 1963：西日本海域における今冬（1963年）の異常海況による魚類のへい死現象についてて．西水研研報（29），99～107．
29) 菊池繁雄 1964：寒波による東シナ海の異常低水温について．研究時報**16**（2），16～27．
30) 辻田時美 1965：東シナ海の浮魚資源．水産叢書（12），1～55．日本水産資源保護協会．
31) 長崎海洋気象台 1964：東シナ海・黄海の旬表面10年報（1953～1962），気象庁技術報告（31），1～182．
32) 松宮義晴・和田時夫・岡 正雄 1977：水型からみた東シナ海・黄海の水塊解析と底魚漁場について．長崎大学水産学部研究報告（43），1～21．
33) 赤松英雄 1979：東シナ海での観測から—陸棚斜面付近における黒潮—．海洋科学，シンポジウム．（113），175～181．
34) 深瀬 茂 1975：東シナ海陸棚上の底層水．海と空 **51**（1），13～15．
35) 森 勇 1962：東支那海のまき網漁場について．日水誌 **28**（4），405～408．
36) 森 勇・佐々田昭七 1965：黄海における揚繰網漁場について．日水誌 **31**（4），253～257．
37) 代田昭彦・田中勝久 1982：濁度の分布とその変化．黒潮の開発利用の調査研究成果報告書（5），277～292．
38) 小笹悦二 1982：プランクトン等の分布とその変化．同誌，293～307．
39) 野島通忠 1982：薩南海域における栄養塩と卵・稚仔，プランクトンの分布．同誌，354～366．
40) 浅見忠彦 1982：東シナ海における魚卵・稚仔の現存量及び生産量の把握．同誌（6），257～272．

付表 1. 東シナ海・黄海における地点別50 m深平均水温・塩分とその標準偏差
（1957〜1970年間の平均）

冬期（1〜3月）

位置 N	位置 E	水温（℃）平均値	水温（℃）標準偏差	塩分（‰）平均値	塩分（‰）標準偏差
37°-30′	123°-00′	**5.6**	—	**31.87**	—
〃	124-00	**6.1**	—	**32.23**	—
37-00	〃	**7.2**	—	**32.53**	—
〃	125-00	3.7	0.6	32.43	0.29
36-00	123-00	7.5	1.3	32.43	0.38
〃	124-00	7.5	1.0	32.61	0.41
〃	125-00	5.1	0.7	32.82	0.32
35-00	123-00	8.9	0.9	33.00	0.50
〃	124-00	8.7	0.7	33.11	0.62
〃	125-00	6.4	0.6	32.98	0.29
〃	129-30	**12.9**	—	**34.56**	—
〃	130-00	13.5	0.6	34.54	0.14
〃	131-00	13.5	0.3	34.59	0.10
34-30	129-00	12.6	0.5	34.45	0.21
〃	130-00	14.3	0.5	34.57	0.20
〃	131-00	13.6	0.4	34.61	0.14
34-00	123-00	9.5	1.5	33.27	0.48
〃	124-00	10.0	1.1	33.87	0.49
〃	125-00	9.3	1.1	33.85	0.41
〃	126-00	9.7	1.8	33.78	0.51
〃	127-00	11.3	1.1	34.28	0.23
〃	128-00	12.9	1.1	34.43	0.23
〃	129-00	14.2	1.3	34.65	0.12
〃	130-00	13.7	0.9	34.61	0.18
33-00	124-00	9.7	1.4	33.08	0.34
〃	125-00	11.7	1.5	34.18	0.36
〃	126-00	13.3	1.6	34.46	0.19
〃	127-00	15.3	0.5	34.61	0.20
〃	128-00	15.0	0.9	34.65	0.08
〃	129-00	14.1	1.0	34.65	0.10
32-30	〃	15.1	1.1	34.63	0.10
〃	129-30	15.2	1.1	34.63	0.10
32-00	126-00	12.9	1.5	34.07	0.46
〃	127-00	15.8	1.1	34.56	0.20
〃	128-00	17.3	1.1	34.72	0.12
〃	129-00	16.4	1.0	34.70	0.09
〃	130-00	15.5	1.0	34.59	0.11
31-00	125-00	**10.4**	—	**33.18**	—
〃	126-00	12.1	1.6	33.76	0.62
〃	127-00	15.1	1.5	34.39	0.34
〃	128-00	18.0	1.1	34.72	0.09
〃	129-00	18.2	1.4	34.74	0.09
〃	130-00	17.7	1.2	34.74	0.11
〃	131-00	17.5	1.3	34.72	0.10

註： 太字は資料数が4以下のものを示す.

位置		水温 (℃)		塩分 (‰)	
N	E	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
30°-00′	123°-00′	**10.6**	-	**33.24**	—
〃	124-00	12.9	1.1	34.10	0.45
〃	125-00	12.5	1.4	34.01	0.49
〃	126 00	13.5	1.5	34.19	0.46
〃	127-00	16.6	1.4	34.61	0.23
〃	128-00	19.9	1.4	34.74	0.11
〃	129-00	21.1	1.2	34.77	0.11
〃	130-00	20.9	1.3	34.81	0.11
〃	131-00	**18.8**	—	**34.75**	—
29-00	122-30	13.0	—	33.69	—
〃	123-00	15.0	1.4	34.23	0.39
〃	124-00	15.3	1.0	34.37	0.41
〃	125-00	15.6	1.0	34.50	0.30
〃	126-00	16.9	1.3	34.63	0.19
〃	127-00	19.3	1.4	34.74	0.14
〃	128-00	21.8	1.0	34.79	0.11
〃	129-00	21.1	0.9	34.84	0.11
〃	130-00	21.1	0.8	34.84	0.10
28-00	122-30	15.2	1.6	34.27	0.41
〃	123-00	17.0	1.2	34.50	0.28
〃	124-00	17.1	1.0	34.57	0.19
〃	125-00	17.5	0.9	34.65	0.14
〃	126-00	19.2	1.1	34.70	0.13
〃	127-00	22.1	0.9	34.77	0.14
〃	128-00	21.2	1.0	34.86	0.09
27-00	122-00	16.9	1.2	34.34	0.16
〃	123-00	19.0	1.2	34.59	0.25
〃	124-00	19.4	1.0	34.68	0.13
〃	125-00	20.1	1.1	34.72	0.12
〃	126-00	22.2	0.8	34.72	0.14
〃	127-00	21.5	0.9	34.81	0.09
〃	128-00	20.9	0.9	34.83	0.09
26 00	122 00	18.5	1.4	34.57	0.19
〃	123-00	21.1	0.6	34.72	0.12
〃	124-00	22.2	0.5	34.72	0.13
〃	125-00	22.2	0.8	34.70	0.12
〃	126 00	**21.8**	-	**34.79**	—

付表 1. のつづき

春期（4～6月）

位置 N	位置 E	水温（℃） 平均値	水温（℃） 標準偏差	塩分（‰） 平均値	塩分（‰） 標準偏差
36° 00′	124°-00′	**14.3**	—	**32.21**	—
〃	125 00	**7.4**	—	**32.86**	—
35-00	123 00	**8.5**	—	**33.06**	—
〃	124 00	**10.2**	—	**33.65**	—
〃	125 00	**8.1**	—	**33.22**	—
〃	129 30	15.0	1.1	34.45	0.21
〃	130 00	15.1	1.1	34.56	0.19
〃	131-00	15.1	1.2	34.61	0.13
34-30	129 00	14.1	0.9	34.41	0.21
〃	130 00	15.6	1.3	34.56	0.24
〃	131 00	15.3	1.7	34.52	0.26
34-00	123 00	**10.2**	—	**33.18**	—
〃	124 00	**11.8**	—	**33.65**	—
〃	125 00	9.8	1.2	33.62	0.63
〃	126-00	11.2	1.7	33.82	0.42
〃	127 00	13.2	1.2	34.16	0.39
〃	128-00	14.6	1.1	34.27	0.23
〃	129-00	16.1	1.2	34.57	0.18
〃	130 00	15.8	1.6	34.56	0.26
33-00	124-00	**10.7**	—	**32.50**	—
〃	125 00	11.5	1.5	33.38	0.50
〃	126 00	13.8	1.3	33.83	0.67
〃	127-00	16.4	0.9	34.45	0.22
〃	128-00	17.4	1.2	34.57	0.18
〃	129 00	16.5	1.6	34.61	0.13
32°-30′	129-00	17.1	1.5	34.63	0.14
〃	129 30	17.3	1.5	34.63	0.16
32-00	126 00	11.7	1.1	33.22	0.69
〃	127-00	15.0	1.5	34.14	0.45
〃	128 00	18.2	1.3	34.46	0.28
〃	129-00	18.5	1.5	34.61	0.15
〃	130-00	17.5	1.6	34.57	0.15
31°-00′	125 00	12.6	1.5	33.02	0.32
〃	126 00	12.3	1.5	33.31	0.55
〃	127-00	14.7	1.4	34.09	0.44
〃	128-00	19.0	1.3	34.48	0.23
〃	129 00	20.2	1.3	34.63	0.13
〃	130-00	19.4	0.9	34.65	0.11
〃	131 00	18.5	0.8	34.65	0.10
30-00	124 00	17.7	2.9	33.83	0.41
〃	125-00	15.1	1.9	33.76	0.24
〃	126 00	14.6	1.6	33.98	0.31
〃	127 00	16.9	1.6	34.21	0.41
〃	128 00	20.7	1.6	34.54	0.18

位	置	水温（℃）		塩分（‰）	
N	E	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
30°-00′	129°-00′	22.9	1.6	34.65	0.14
〃	130-00	22.7	1.3	34.70	0.11
〃	131-00	**21.2**	—	**34.79**	—
29-00	123-00	19.2	2.5	34.09	0.49
〃	124-00	18.2	2.7	34.10	0.31
〃	125-00	16.9	2.3	34.05	0.37
〃	126-00	18.5	2.1	34.30	0.26
〃	127-00	21.1	2.6	34.54	0.20
〃	128-00	24.1	1.5	34.65	0.11
〃	129-00	23.0	1.2	34.72	0.19
〃	130-00	22.5	0.8	34.77	0.09
28-00	122-30	**20.6**	—	**34.48**	—
〃	123-00	21.3	2.5	34.37	0.11
〃	124-00	20.2	2.6	34.27	0.25
〃	125-00	18.9	2.6	34.18	0.40
〃	126-00	20.5	2.3	34.41	0.37
〃	127-00	23.6	0.9	34.68	0.11
〃	128-00	22.6	1.5	34.79	0.11
27-00	122-00	23.4	1.4	34.43	0.09
〃	123-00	22.0	1.9	34.37	0.12
〃	124-00	**20.0**	—	**34.41**	—
〃	125-00	20.4	1.5	34.54	0.12
〃	126-00	24.4	0.9	34.72	0.09
〃	127-00	**23.3**	—	**34.83**	—
〃	128-00	**21.8**	—	**34.83**	—
26-00	122-00	22.4	0.8	34.50	0.09
〃	123-00	22.0	2.0	34.63	0.11
〃	124-00	**24.2**	—	**34.61**	—
〃	125-00	**23.5**	—	**34.66**	—
〃	126-00	**23.7**	—	**34.83**	—

付表 1. のつづき

夏期（7～9月）

位	置	水温（℃）		塩分（‰）	
N	E	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
38°-00′	124°-00′	**7.7**	—	**32.03**	—
37 30	123 00	**7.7**	—	**31.70**	—
〃	124-00	**7.2**	—	**32.50**	—
37-00	〃	**7.5**	—	**32.80**	—
〃	125-00	12.6	2.4	32.70	0.21
36 00	123-00	**7.9**	—	**33.02**	—
〃	124-00	**8.2**	—	**33.18**	—
〃	125-00	10.6	1.9	32.95	0.14
35-00	123-00	**8.9**	—	**33.44**	—
〃	124-00	**9.2**	—	**33.42**	—
〃	125-00	9.8	1.5	32.97	0.29
〃	129-30	15.5	1.1	34.16	0.18
〃	130 00	17.5	1.2	34.07	0.29
〃	131-00	17.9	1.0	34.28	0.28
34-30	129-00	15.5	0.7	34.28	0.23
〃	130-00	18.1	1.3	34.25	0.23
〃	131-00	20.6	0.9	34.05	0.37
34-00	123-00	10.5	0.8	33.31	0.49
〃	124-00	9.5	0.9	33.49	0.59
〃	125 00	12.1	1.3	33.22	0.26
〃	126-00	12.3	1.0	33.38	0.34
〃	127-00	15.0	0.9	33.53	0.55
〃	128 00	15.2	0.7	34.01	0.31
〃	129-00	18.0	1.2	34.16	0.28
〃	130-00	20.9	1.4	34.12	0.28
33-00	124-00	12.8	1.7	32.59	0.58
〃	125 00	12.1	1.1	33.27	0.54
〃	126-00	14.3	1.0	33.96	0.38
〃	127-00	16.9	1.0	34.12	0.28
〃	128-00	20.5	2.0	34.12	0.32
〃	129-00	21.0	2.4	33.89	0.46
32-30	129-00	21.5	1.2	34.00	0.67
〃	129 30	21.3	1.2	34.10	0.58
32-00	126-00	13.2	1.6	33.17	0.57
〃	127-00	16.1	2.3	33.92	0.45
〃	128 00	21.5	2.3	34.28	0.25
〃	129-00	22.9	1.8	34.36	0.26
〃	130-00	20.4	1.3	34.27	0.63
31-00	125-00	18.2	3.8	33.45	0.56
〃	126-00	14.9	2.3	33.47	0.32
〃	127-00	17.2	2.2	34.12	0.37
〃	128 00	22.7	1.2	34.37	0.19
〃	129-00	23.3	1.6	34.43	0.25
〃	130-00	22.2	1.8	34.43	0.29

位	置	水	温 (℃)	塩	分 (‰)
N	E	平 均 値	標 準 偏 差	平 均 値	標 準 偏 差
31° 00′	131°-00′	22.1	1.4	34.48	0.17
30-00	123-00	**18.6**	—	**34.32**	—
〃	124-00	21.9	2.5	34.27	0.20
〃	125-00	20.7	3.4	34.14	0.29
〃	126-00	18.5	2.1	34.05	0.26
〃	127-00	20.6	2.4	34.23	0.22
〃	128-00	24.2	1.5	34.36	0.19
〃	129-00	25.3	1.7	34.39	0.26
〃	130 00	25.8	1.3	34.45	0.24
〃	131 00	**26.0**	—	**34.50**	—
29 00	123-00	19.8	2.9	34.32	0.21
〃	124-00	23.6	2.0	34.23	0.16
〃	125-00	23.1	1.9	34.28	0.16
〃	126-00	22.9	1.7	34.34	0.18
〃	127-00	24.1	1.8	34.32	0.24
〃	128-00	26.4	1.0	34.50	0.25
〃	129 00	26.6	1.1	34.56	0.15
〃	130-00	26.6	1.2	34.57	0.16
28-00	122-30	**24.5**	—	**33.98**	—
〃	123-00	**24.8**	—	**34.09**	—
〃	124-00	25.3	1.0	34.25	0.15
〃	125-00	25.0	1.6	34.19	0.21
〃	126-00	25.2	1.3	34.34	0.22
〃	127-00	26.4	1.1	34.54	0.20
〃	128-00	26.4	1.1	34.54	0.19
27 00	122-00	**25.7**	—	**34.05**	—
〃	123-00	26.5	1.4	34.14	0.17
〃	124-00	**25.3**	—	**34.23**	—
〃	125-00	**25.4**	—	**34.19**	
〃	126 00	**27.0**	—	**34.41**	—
〃	127-00	**27.5**		**34.46**	—
〃	128 00	**25.6**	—	**34.59**	—
26 00	122 00	**22.9**	—	**34.12**	—
〃	123 00	**23.2**	—	**34.45**	—
〃	124 00	**25.2**		**34.52**	—
〃	125 00	**27.6**	—	**34.45**	—
〃	126 00	**28.0**		**34.48**	—

付表 1. のつづき

秋期（10～12月）

位置		水温（℃）		塩分（‰）	
N	E	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
38°-00′	124°-00′	**12.4**	—	**31.83**	—
37-30	123-00	**9.0**	—	**32.12**	—
〃	124-00	9.8	0.8	32.35	0.41
37-00	〃	8.5	1.0	32.86	0.23
〃	125-00	**13.6**	—	**32.71**	—
36-00	123-00	10.2	2.4	32.41	0.56
〃	124-00	9.0	1.3	32.84	0.32
〃	125-00	**13.0**	—	**32.95**	—
35-00	123-00	10.8	2.6	32.68	0.66
〃	124-00	10.1	1.4	33.40	0.46
〃	125-00	**11.5**	—	**33.65**	—
〃	129-30	19.3	0.8	33.89	0.22
〃	130-00	20.5	1.7	33.82	0.28
〃	131-00	20.5	1.3	33.91	0.24
34-30	129-00	20.7	1.9	33.85	0.38
〃	130-00	21.2	1.2	34.16	0.23
〃	131-00	21.3	1.4	33.87	0.27
34-00	123-00	11.6	1.7	32.41	0.35
〃	124-00	11.2	1.6	33.40	0.49
〃	125-00	13.2	1.2	33.42	0.26
〃	126-00	13.7	1.8	33.27	0.15
〃	127-00	15.0	0.9	33.36	0.41
〃	128-00	16.5	1.5	33.58	0.18
〃	129-00	21.8	1.2	34.05	0.27
〃	130-00	21.9	1.5	34.12	0.32
33-00	124-00	18.0	1.9	32.21	0.61
〃	125-00	**14.3**	—	**33.56**	—
〃	126-00	16.7	2.2	33.65	0.71
〃	127-00	20.3	2.5	34.00	0.31
〃	128-00	23.2	1.5	34.12	0.27
〃	129-00	21.6	1.3	34.14	0.16
32-30	〃	22.1	1.6	34.09	0.29
〃	129-30	22.3	1.6	34.10	0.31
32-00	126-00	19.5	3.2	33.85	0.52
〃	127-00	21.2	1.8	34.34	0.18
〃	128-00	22.7	2.0	34.37	0.29
〃	129-00	22.6	1.3	34.27	0.15
〃	130-00	21.5	1.4	34.18	0.17
31-00	125-00	22.3	1.2	33.72	0.59
〃	126-00	21.5	2.3	33.94	0.53
〃	127-00	22.1	2.8	34.19	0.30
〃	128-00	24.4	1.3	34.36	0.18
〃	129-00	24.1	1.7	34.37	0.19
〃	130-00	24.0	2.0	34.34	0.20

位 置		水 温 (℃)		塩 分 (‰)	
N	E	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
31°-00′	131°-00′	22.8	1.5	34.37	0.20
30-00	124-00	**22.0**	—	**34.03**	—
〃	125-00	22.4	1.4	34.12	0.09
〃	126-00	22.2	1.9	34.23	0.15
〃	127-00	24.1	1.5	34.23	0.10
〃	128-00	**24.4**	—	**34.39**	—
〃	129-00	25.5	1.4	34.45	0.25
〃	130-00	24.9	0.6	34.61	0.19
〃	131-00	**24.6**	—	**34.41**	—
29-00	123-00	—	—	—	—
〃	124-00	**23.3**	—	**34.21**	—
〃	125-00	22.3	1.9	34.19	0.18
〃	126-00	23.1	1.4	34.30	0.13
〃	127-00	24.7	0.7	34.43	0.15
〃	128-00	25.4	0.6	34.65	0.17
〃	129-00	**25.3**	—	**34.65**	—
〃	130-00	**25.1**	—	**34.63**	—
28-00	122-30	**20.6**	—	**34.39**	—
〃	123-00	**22.9**	—	**34.18**	—
〃	124-00	**24.2**	—	**34.09**	—
〃	125-00	**23.4**	—	**34.21**	—
〃	126-00	24.6	0.9	34.37	0.29
〃	127-00	25.7	0.4	34.57	0.23
〃	128-00	25.0	0.2	34.74	0.13
27-00	122-00	**22.8**	—	**34.46**	—
〃	123-00	24.6	1.9	34.25	0.16
〃	124-00	24.4	1.5	34.28	0.11
〃	125-00	23.9	0.1	34.28	0.14
〃	126-00	25.8	0.9	34.56	0.36
〃	127-00	25.7	0.8	34.52	0.13
〃	128-00	25.3	0.5	34.70	0.19
26-00	122-00	**20.1**	—	**34.59**	—
〃	123-00	**25.2**	—	**34.50**	—
〃	124-00	**26.5**	—	**34.59**	—
〃	125-00	**26.5**	—	**34.41**	—
〃	126-00	**26.9**	—	**34.43**	—

付表 2. 東シナ海・黄海における地点別底層平均水温・塩分とその標準偏差
(1957年～1970年間の平均)

冬期（1～3月）

位置		水温 (℃)		塩分 (‰)	
N	E	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
38°-00′	123°-00′	—	—	—	—
〃	124 00	—	—	—	—
37 30	123-00	**5.93**	0.81	**31.91**	0.75
〃	124-00	5.60	0.78	32.41	0.61
〃	125 00	**2.46**	0.61	**32.39**	0.44
〃	126-00	**1.95**	0.03	**31.98**	0.00
37 00	123-00	**6.17**	0.88	**32.07**	0.62
〃	124-00	6.03	0.73	32.63	0.43
〃	125-00	3.40	0.45	32.34	0.35
〃	126-00	2.32	0.71	32.05	0.39
36-00	122-00	4.92	1.88	31.29	0.72
〃	123-00	7.67	1.09	32.47	0.28
〃	124-00	7.43	1.16	32.88	0.39
〃	125-00	5.04	0.82	32.81	0.30
〃	126-00	3.92	1.14	32.45	0.44
35-00	121-30	5.63	1.39	31.46	0.35
〃	122-00	6.52	1.00	32.00	0.62
〃	123-00	9.15	0.94	33.02	0.61
〃	124-00	8.78	0.54	33.24	0.62
〃	125-00	6.52	0.72	33.02	0.34
〃	126-00	4.44	0.77	32.59	0.55
〃	129-30	**11.43**	0.58	**34.43**	0.12
〃	130 00	12.37	1.11	34.45	0.17
〃	131-00	13.87	1.07	34.60	0.12
34 30	129-00	12.00	0.66	34.43	0.17
〃	130-00	14.33	1.08	34.56	0.19
〃	131-00	13.57	0.87	34.60	0.12
34-00	122-00	6.50	0.87	32.02	0.17
〃	123-00	9.62	1.46	33.21	0.34
〃	124-00	10.33	1.26	33.82	0.54
〃	125-00	9.36	1.27	33.69	0.46
〃	126-00	7.93	1.51	33.53	0.44
〃	127-00	10.32	1.63	34.27	0.28
〃	128-00	12.36	0.78	34.43	0.17
〃	129-00	14.10	1.54	34.60	0.14
〃	130-00	13.98	1.25	34.61	0.12
33-00	122-00	**6.25**	1.06	**31.53**	0.16
〃	123-00	7.31	0.47	32.12	0.25
〃	124-00	9.71	1.54	33.02	0.39
〃	125-00	11.58	1.36	34.16	0.32
〃	126-00	13.86	0.90	34.47	0.23
〃	127-00	14.80	0.60	34.60	0.19
〃	128-00	14.86	0.68	34.63	0.10
〃	129-00	14.46	1.02	34.60	0.14

註：太字は資料数が4以下のものを示す.

位	置	水	温 (℃)	塩	分 (‰)
N	E	平 均 値	標 準 偏 差	平 均 値	標 準 偏 差
32°-00′	122° 30′	**7.00**	—	**31.44**	—
〃	123-00	7.10	1.36	31.67	0.55
〃	124-00	8.69	1.57	32.34	0.62
〃	125-00	9.91	1.49	33.13	0.64
〃	126-00	12.82	1.49	34.05	0.43
〃	127-00	15.40	1.22	34.51	0.21
〃	128-00	15.87	1.06	34.69	0.10
31-00	122-30	—	—	—	—
〃	123-00	9.55	1.43	32.97	0.81
〃	124-00	10.71	1.64	33.39	0.55
〃	125-00	10.73	1.46	33.30	0.59
〃	126-00	12.37	1.70	33.87	0.48
〃	127-00	15.03	1.32	34.40	0.28
〃	127-30	16.27	1.12	34.61	0.10
30-00	123-00	12.66	1.47	33.62	0.46
〃	124-00	13.07	1.34	34.04	0.41
〃	125-00	12.68	1.49	34.00	0.43
〃	126-00	13.56	1.53	34.20	0.35
〃	127-00	16.03	1.36	34.54	0.19
〃	127-30	17.08	1.51	34.65	0.14
29 00	122-30	**14.50**	—	**34.14**	—
〃	123-00	15.21	1.57	34.27	0.28
〃	124-00	15.40	1.37	34.34	0.35
〃	125-00	15.65	1.33	34.51	0.21
〃	126-00	16.32	1.43	34.63	0.16
〃	127-00	17.35	1.29	34.65	0.14
28 00	122 30	16.27	1.59	34.43	0.25
〃	123 00	16.98	1.31	34.52	0.25
〃	124-00	17.18	1.14	34.56	0.16
〃	125-00	17.24	1.19	34.60	0.17
〃	126-00	17.98	1.24	34.70	0.12
27-00	122-00	17.17	1.33	34.34	0.25
〃	123 00	18.06	0.94	34.63	0.16
〃	124-00	18.45	0.87	34.69	0.14
〃	125-00	18.81	1.00	34.69	0.12
26-00	122 00	18.28	0.95	34.69	0.16
〃	123-00	18.72	1.22	34.70	0.08
〃	124-00	19.55	1.56	34.72	0.14
〃	124-30	**20.50**	1.61	**34.78**	0.12

付表 2. のつづき

春期（4～6月）

位	置	水	温（℃）	塩	分（‰）
N	E	平均値	標標偏差	平均値	標準偏差
38°-00′	123°-00′	—	—	—	—
〃	124-00	—	—	—	—
37-30	123-00	—	—	—	—
〃	124-00	—	—	—	—
〃	125-00	—	—	—	—
〃	126-00	—	—	—	—
37-00	123-00	—	—	—	—
〃	124-00	—	—	—	—
〃	125-00	—	—	—	—
〃	126-00	—	—	—	—
36-00	121-30	—	—	—	—
〃	122-00	—	—	—	—
〃	123-00	—	—	—	—
〃	124-00	**7.70**	—	**33.06**	—
〃	125-00	**6.20**	—	**34.51**	—
〃	126-00	**8.85**	3.04	**32.25**	0.16
35-00	121-30	**7.10**	—	**30.90**	—
〃	122-00	**6.90**	—	**32.70**	—
〃	123-00	**8.20**	0.14	**33.51**	0.41
〃	124-00	**8.80**	1.83	**33.60**	1.29
〃	125-00	**6.80**	0.42	**33.06**	0.00
〃	126-00	**9.30**	3.11	**32.79**	0.41
〃	129-30	10.90	1.87	34.32	0.17
〃	130-00	13.42	1.31	34.54	0.21
〃	131-00	14.61	1.15	34.63	0.17
34°-30′	129-00	13.01	1.82	34.36	0.17
〃	130-00	14.86	0.82	34.60	0.14
〃	131-00	15.19	1.67	34.61	0.14
〃	122-00	**12.50**	4.94	**31.62**	0.54
〃	123-00	**9.83**	1.15	**33.35**	0.70
〃	124-00	**9.63**	0.35	**33.60**	0.84
〃	125-00	**10.42**	0.65	**33.55**	0.34
〃	126-00	12.10	1.25	34.07	0.32
〃	127-00	13.14	1.09	34.04	0.23
〃	128-00	13.71	1.01	34.42	0.17
〃	129-00	14.97	0.92	34.60	0.17
〃	130-00	15.91	1.62	34.63	0.14
33-00	122-00	**14.05**	5.58	**30.54**	1.04
〃	123-00	**13.53**	3.61	**31.49**	0.84
〃	124-00	**10.30**	1.31	**32.52**	0.50
〃	125-00	11.46	1.49	33.51	0.73
〃	126-00	13.72	0.61	34.16	0.46
〃	127-00	14.53	0.57	34.54	0.19
〃	128-00	14.99	0.58	34.61	0.14

位置		水温（℃）		塩分（‰）	
N	E	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
33°-00′	129°-00′	16.78	1.50	34.61	0.14
32-00	122-30	—	—	—	—
〃	123-00	**16.27**	2.67	**31.26**	0.58
〃	124-00	15.00	2.13	32.10	0.82
〃	125-00	12.05	1.69	32.57	0.58
〃	126-00	11.84	1.16	33.37	0.58
〃	127-00	13.93	0.85	34.27	0.28
〃	128-00	15.21	0.83	34.52	0.16
31-00	122-30	—	—	—	—
〃	123-00	**16.00**	—	**32.16**	—
〃	124-00	14.50	1.95	32.88	0.55
〃	125-00	12.88	1.61	33.06	0.34
〃	126-00	12.06	1.04	33.39	0.44
〃	127-00	13.92	1.02	34.22	0.32
〃	127-30	14.67	0.78	34.49	0.16
30-00	123-00	**17.62**	0.29	**33.82**	0.19
〃	124-00	17.12	2.35	33.87	0.41
〃	125-00	14.72	1.78	33.71	0.44
〃	126-00	14.26	1.24	33.96	0.28
〃	127-00	15.43	1.23	34.36	0.23
〃	127-30	15.37	1.12	34.47	0.16
29-00	122-30	**19.00**	—	**34.32**	—
〃	123-00	18.52	2.11	34.25	0.30
〃	124-00	17.79	2.47	34.14	0.34
〃	125-00	16.66	1.82	34.22	0.30
〃	126-00	16.97	1.19	34.49	0.19
〃	127-00	16.81	1.12	34.52	0.21
28-00	122-30	18.17	0.72	34.34	0.00
〃	123-00	19.16	1.81	34.51	0.16
〃	124-00	18.05	1.62	34.42	0.25
〃	125-00	18.00	1.18	34.52	0.19
〃	126-00	17.61	0.93	34.51	0.17
27-00	122-00	18.45	0.72	34.47	0.10
〃	123-00	17.40	0.69	34.60	0.12
〃	124-00	17.52	0.59	34.65	0.08
〃	125-00	18.15	0.84	34.70	0.10
26-00	122-00	**19.02**	3.72	**34.60**	0.10
〃	123-00	18.54	1.27	34.76	0.10
〃	124-00	**19.17**	0.32	**34.72**	0.10
〃	124-30	**17.60**	0.42	**34.69**	0.00

付表 2. のつづき

夏期（7～9月）

位置		水温（℃）		塩分（‰）	
N	E	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
38°-00′	123°-00′	—	—	—	—
〃	124 00	**7.65**	0.35	**32.16**	0.00
37-30	123 00	**7.75**	1.76	**31.98**	0.28
〃	124 00	**7.22**	1.03	**32.43**	0.25
〃	125-00	**15.37**	1.88	**31.89**	0.25
〃	126-00	—	—	—	—
37-00	123 00	**9.20**	3.11	**31.89**	0.41
〃	124-00	**6.95**	1.17	**32.74**	0.19
〃	125-00	11.88	2.71	32.48	0.21
〃	126 00	22.94	0.71	31.80	0.55
36-00	121 30	**14.00**	—	**31.26**	—
〃	122-00	**12.25**	3.88	**31.80**	0.54
〃	123-00	**7.75**	1.34	**33.15**	0.16
〃	124 00	**7.72**	0.12	**33.28**	0.43
〃	125-00	9.58	1.83	32.63	0.30
〃	126-00	19.70	1.39	32.38	0.37
35-00	121-30	**9.70**	—	**31.62**	—
〃	122-00	**8.65**	0.91	**32.43**	0.16
〃	123-00	**8.76**	1.47	**33.60**	0.21
〃	124-00	8.52	1.04	33.35	0.70
〃	125-00	8.57	1.10	32.94	0.23
〃	126-00	19.50	0.83	32.52	0.43
〃	129-30	7.10	2.92	34.22	0.23
〃	130 00	13.56	1.70	34.43	0.16
〃	131-00	15.58	0.83	34.45	0.19
34-30	129-00	14.29	0.64	34.42	0.19
〃	130-00	15.68	0.63	34.45	0.14
〃	131-00	18.73	0.81	34.34	0.17
34-00	122-00	**11.60**	0.84	**31.35**	0.16
〃	123 00	**9.95**	0.85	**33.42**	0.41
〃	124 00	9.34	0.76	33.51	0.48
〃	125-00	10.25	1.00	33.39	0.30
〃	126-00	12.02	0.62	33.44	0.23
〃	127-00	13.95	0.65	33.66	0.46
〃	128-00	14.45	0.53	34.20	0.35
〃	129-00	15.22	0.78	34.38	0.17
〃	130 00	18.85	1.32	34.42	0.14
33-00	122-00	**23.05**	2.05	**29.27**	1.04
〃	123-00	18.48	2.93	31.51	0.43
〃	124-00	13.91	3.50	32.81	0.66
〃	125-00	12.21	1.29	33.40	0.39
〃	126 00	14.19	0.50	34.07	0.32
〃	127-00	14.41	0.66	34.38	0.12
〃	128-00	14.73	0.96	34.45	0.17

位	置	水 温 (℃)		塩 分 (‰)	
N	E	平 均 値	標 準 偏 差	平 均 値	標 準 偏 差
33°-00′	129°-00′	18.54	2.55	34.11	0.26
32-00	122-30	—	—	—	—
〃	123-00	20.40	2.47	32.99	0.44
〃	124-00	20.17	2.34	32.16	0.70
〃	125-00	15.72	2.02	32.21	0.54
〃	126-00	13.14	1.10	33.24	0.44
〃	127-00	14.45	0.90	34.27	0.39
〃	128-00	15.59	1.41	34.56	0.21
31-00	122-30	—	—	—	—
〃	123-00	**19.00**	1.00	**34.02**	0.23
〃	124-00	21.22	1.79	33.89	0.48
〃	125-00	18.77	2.70	33.37	0.57
〃	126-00	15.29	2.11	33.35	0.34
〃	127-00	16.03	1.38	34.27	0.30
〃	127-30	15.90	1.51	34.52	0.16
30-00	123-00	**18.90**	—	**34.32**	—
〃	124-00	21.94	1.81	34.27	0.26
〃	125-00	20.51	3.17	34.20	0.34
〃	126-00	18.37	1.83	34.18	0.25
〃	127-00	17.77	1.60	34.51	0.16
〃	127-30	16.40	1.57	34.52	0.16
29-00	122-30	—	—	—	—
〃	123-00	**18.85**	1.02	**34.42**	0.12
〃	124-00	21.98	2.26	34.32	0.19
〃	125-00	19.55	0.98	34.47	0.10
〃	126-00	18.50	0.70	34.60	0.12
〃	127-00	16.64	1.80	34.58	0.12
28-00	122-30	**18.40**	0.42	**34.51**	0.00
〃	123-00	19.75	1.51	34.40	0.17
〃	124-00	19.47	2.21	34.47	0.19
〃	125-00	18.84	1.11	34.51	0.00
〃	126-00	18.58	1.07	34.65	0.10
27-00	122-00	**18.20**	0.42	**34.51**	0.00
〃	123-00	18.25	0.96	34.58	0.17
〃	124-00	18.83	0.96	34.58	0.17
〃	125-00	19.40	1.26	34.69	0.16
26-00	122-00	**17.56**	0.58	**34.51**	0.00
〃	123-00	**17.66**	0.65	**34.56**	0.12
〃	124-00	**19.92**	1.85	**34.72**	0.12
〃	124-30	**20.30**	1.04	**34.69**	0.00

付表 2. のつづき

秋期 (10〜12月)

位置 N	位置 E	水温 (℃) 平均値	水温 (℃) 標準偏差	塩分 (‰) 平均値	塩分 (‰) 標準偏差
38°-00′	123°-00′	—	—	—	—
〃	124-00	**12.67**	0.27	**32.10**	0.19
37-30	123-00	11.36	1.39	31.87	0.35
〃	124-00	9.50	1.03	32.45	0.46
〃	125-00	**12.00**	—	**32.52**	—
〃	126-00	—	—	—	—
37-00	123-00	15.08	3.51	31.44	0.54
〃	124-00	8.48	1.09	32.90	0.23
〃	125-00	**10.90**	2.26	**32.97**	0.16
〃	126-00	**9.8**	—	**33.06**	—
36-00	121-30	—	—	—	—
〃	122-00	15.81	3.23	31.04	0.37
〃	123-00	9.23	1.57	32.79	0.43
〃	124-00	9.16	1.14	33.21	0.19
〃	125-00	**10.63**	1.58	**33.17**	0.48
〃	126-00	**14.70**	4.52	**32.79**	0.91
35-00	121-30	**16.27**	3.04	**30.99**	0.25
〃	122-00	15.11	2.27	31.47	0.25
〃	123-00	9.66	0.98	33.33	0.28
〃	124-00	9.46	0.73	33.64	0.26
〃	125-00	**11.02**	1.09	**33.46**	0.19
〃	126-00	**16.75**	2.47	**32.70**	0.00
〃	129-30	7.86	1.71	34.18	0.17
〃	130-00	14.18	1.30	34.34	0.10
〃	131-00	16.31	0.47	34.40	0.12
34-30	129-00	13.65	1.56	34.32	0.14
〃	130-00	17.00	0.68	34.47	0.14
〃	131-00	19.96	0.75	34.11	0.17
34-00	122-00	17.55	2.29	30.79	0.48
〃	123-00	11.17	2.09	32.47	0.26
〃	124-00	10.46	0.96	33.55	0.30
〃	125-00	**12.06**	0.87	**33.53**	0.30
〃	126-00	**12.52**	1.00	**33.46**	0.19
〃	127-00	**14.06**	0.51	**33.78**	0.39
〃	128-00	15.70	1.78	34.07	0.17
〃	129-00	16.65	1.12	34.38	0.14
〃	130-00	20.05	0.93	34.40	0.19
33-00	122-00	**21.60**	—	**29.63**	—
〃	123-00	18.82	2.35	31.20	0.44
〃	124-00	17.81	1.65	32.32	0.61
〃	125-00	15.83	2.22	33.57	0.44
〃	126-00	15.60	1.46	34.25	0.35
〃	127-00	16.58	0.97	34.32	0.30
〃	128-00	15.60	1.08	34.43	0.12

位置 N	置 E	水温（℃） 平均値	標準偏差	塩分（‰） 平均値	標準偏差
33°-00′	129°-00′	20.55	0.62	34.32	0.21
32-00	122-30	**19.45**	5.19	**31.20**	0.48
〃	123-00	20.38	2.73	32.65	0.62
〃	124-00	20.65	2.15	32.86	0.91
〃	125-00	20.78	1.89	33.02	0.95
〃	126-00	18.99	2.51	33.93	0.41
〃	127-00	16.57	0.80	34.45	0.32
〃	128-00	16.94	1.57	34.61	0.12
31-00	122-30	—	—	—	—
〃	123-00	**21.50**	—	**33.96**	—
〃	124-00	21.92	1.94	33.58	0.77
〃	125-00	21.90	2.12	33.68	0.62
〃	126-00	21.45	2.09	33.98	0.37
〃	127-00	18.55	1.31	34.51	0.23
〃	127-30	17.28	1.48	34.60	0.12
30-00	123-00	**19.00**	—	**34.14**	—
〃	124-00	21.92	0.70	34.05	0.12
〃	125-00	22.02	1.24	34.09	0.17
〃	126-00	21.13	2.10	34.32	0.16
〃	127-00	18.49	0.69	34.52	0.12
〃	127-30	16.61	1.11	34.54	0.10
29-00	122-30	—	—	—	—
〃	123-00	**18.50**	—	**34.51**	—
〃	124-00	20.82	0.93	34.36	0.16
〃	125-00	20.78	1.26	34.42	0.12
〃	126-00	19.30	1.68	34.51	0.12
〃	127-00	16.88	1.59	34.60	0.12
28-00	122-30	**18.55**	0.91	**34.42**	0.16
〃	123-00	**19.72**	1.11	**34.45**	0.12
〃	124-00	**19.63**	0.51	**34.43**	0.12
〃	125-00	**19.47**	0.61	**34.42**	0.12
〃	126-00	18.26	0.26	34.58	0.12
27-00	122-00	**18.00**	—	**34.51**	—
〃	123-00	**20.80**	1.91	**34.51**	0.21
〃	124-00	**19.53**	0.46	**34.56**	0.12
〃	125-00	**18.80**	0.60	**34.69**	0.00
26-00	122-00	—	—	—	—
〃	123-00	**17.00**	—	**34.69**	—
〃	124-00	**16.70**	—	**34.69**	—
〃	124-30	—	—	—	—

Growth, Respiration and Food Requirement of a Flounder, *Paralichthys olivaceus*, in Its Early Life History

Yasuhiro MORIOKA*

The food requirement of a flounder, *Paralichthys olivaceus*, during its early life history was determined based on its oxygen consumption and rate of growth. Ova were fertilized artificially and larvae were reared with sufficient food under simulated conditions of temperature which raised gradually from 13 to 20°C. The body weight trend of larvae during the first 106 days was reduced to the formula, $W=0.0418 \cdot e^{0.0704 \cdot t}$ (W: body dry weight in mg, t: days after hatch). The Winkler respiration rate, R in μl O_2/animal/h on t-th day after hatch was presented by the equation, $R=0.211 \cdot e^{0.0594 \cdot t}$. Under certain assumptions the food requirement during their larval pelagic life for 80 days was calculated to be 11.4 mg in carbon. A tentative calculation on the above terms was also made for various temperature range using the Q_{10} value of 2.

The flounder, *Paralichthys olivaceus* (TEMMINCK et SCHLEGEL) ("Hirame" in Japanese), is one of the commercial species in which systematic techniques are demanded in order to increase natural population in the coastal waters of Japan. It is necessary to know the amount of food required by the organisms as well as how much food is produced spatially and temporally to estimate how many larvae of Hirame are able to live healthily at a certain period of time and area. As very little is known on the food requirement of marine fish during their early life, it is difficult to have a quantitative understanding of its food pattern.

A certain amount of metabolism and growth demands a certain amount of food, and metabolism is expressed as a reflection of the respiration. But data on the oxygen consumption of flat fish larvae are rather scarce (LAURENCE[1]), and none has been reported for Hirame larva hitherto. Thus, the present paper deals with its oxygen consumption and body weight according to days after hatching, and the food requirement derived from them under a few physiological assumptions.

MATERIAL AND METHODS

The Hirame ova from the natural parents were artificially fertilized on February

Received December 18, 1984 (昭和59年12月18日受理)
Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 421 (西海区水産研究所業績第421号)
*Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, Kokubu-machi, Nagasaki 850, Japan (森岡泰啓，西海区水産研究所 〒850 長崎市国分町49)

1 and hatched out February 5–6, 1983. They were incubated in a polycarbonate vessel of 500 liters, and fed on cultured rotifer, *Brachionus plicatilis*, during the first 3 months. In addition to them nauplii of brine shrimp, *Artemia salina*, were supplied for a month until early April in which the nauplii were replaced by natural population of copepods consisting mainly of *Acartia steueri*. The advanced stages of the brine shrimp were fed as the only food after early May. The larvae settled at the bottom of the vessel when they grew up 14 mm in body length and 10 mg in body dry weight about 80 days after hatching. Temperature of the cultivation aquarium was kept similar to the natural sea water front as much as possible. It was increased from 13 to 20℃ during the experiments from February 18 to May 23 (Fig. 1). The cultivation and respiration experiments were made at the house of Aquaculture Research Laboratory of Nagasaki Prefecture located at the end of Nagasaki Peninsula, western Kyushu.

The respiration rate experiments were made by the water bottle procedures using 100, 300 and 500 ml volume BOD bottles according to the size of the larvae. The larvae were kept 2 hours starvation and acclimatized to the experimental temperature. The oxygen consumption during the incubation of generally 2 hours was determined by the Winkler method. The technical and the mathematical processes followed OMORI and IKEDA[2] The BOD bottles were naked and exposed to natural daylight under the roofing of the aquarium house. The experimental conditions are given in Table 1.

The specimens used for the respiration experiment were fixed in 5% formaline sea water immediately after the water sampling for oxygen determination. The body length for each individual and wet weight of the batch of the larvae were measured

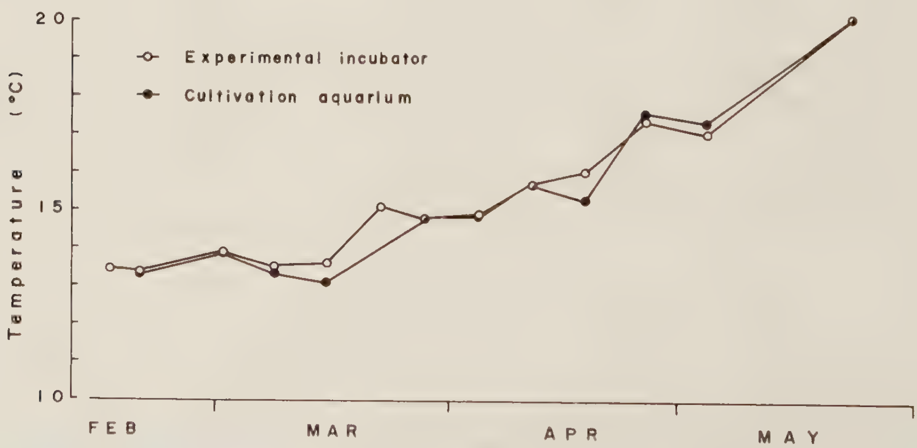


Fig. 1. Temperature change in the cultivation aquarium and the experimental incubation chamber, February–May, 1983.

Table 1. Experimental conditions of respiration rate determination for larvae of a flounder, *Paralichthys olivaceus*, February-May, 1983

Date	Body length (mean±SD,mm)	Vol. of incubating BOD bottle (m*l*)	No. of bottles	Hours of incuvation	Animals in a bottle
Feb 18		100	3	3.8	4-15
Mar 1		100	3	2.0	10-15
Mar 8	6.62±0.69	100	3	2.0	12-15
Mar 22	8.03±0.40	100 300	3 2	1.5	10 18-21
Mar 28	8.50±0.74	100 300	2 2	2.0	5-7 16-18
Apr 4	9.15±0.79	300	3	2.0	12-15
Apr 11	10.60±0.61	300	3	2.0	10-15
Apr 13	10.96±0.64	300	2	1.5	10
Apr 26	14.18±1.06	300	2	1.5	10
May 4	18.53±1.68	500	2	1.5	10
May 23	23.25±1.76	500	2	1.2	5

after a few hours of fixation. Dry weighing of it was done after 24 or 48 hours drying of 60°C. The number of organisms is shown in Table 1. Mean dry weight of larva in each bottle was obtained from them.

ASSUMPTIONS

1. Q_{10} value (Assumption-1)

In the present experiments temperature of the aquarium water gradually rised according to season. This is useful for detecting the physio-ecology of Hirame larvae in the area and season concerned. At the same time, the determined rate of metabolism must be corrected at certain temperatures to see the general pattern of respiration rate in Hirame larvae. WINBERG[3] concluded that Q_{10} decreases with temperature and showed the corrections to find the time of development at temperatures ranging from 5 to 30℃ according to the "normal" Krogh curve. On the other hand, EDWARES et al.[4] showed that Q_{10} tends to increase with temperature rather than decrease in the range from 5 to 20°C for a plaice, *Pleuronectes platessa*. IKEDA[5] introduced a regession equation which documents the respiration rate of zooplankton as function of the body weight and ambient temperature. The formula in itself means that Q_{10} is the function not of the temperature but the body weight of zooplankton alone. It is understood by the reduction of a fraction to the lowest terms. In the present trials a value of 2.0 is used as Q_{10} according to a review by OZAKI[6]

2. Carbon content of fish larvae (Assumption-2)

The weight percent of carbon to dry weight of fish larvae is compiled from the earlier literature in Table 2. The carbon content of fish larvae during early life history is distributed in the range of 35-45% of dry weight. The content in a plaice, *Pleuronectes platessa*, is 42.5-44.6% (EHRLICH[11]). It may be sound to adopt a value of 0.42 as carbon/dry weight ratio for Hirame larvae.

3. Respiration quotient (Assumption-3)

The respiration quotient, RQ, fluctuates in accordance with the composition of the prey material catabolized. For example, the quotient is the unity in carbohydrate, 0.71 in fat, and varies with the pattern of excretion physiology of fish in protein (NOSE[12]). The protein content of prey of Hirame larvae, e. g., natural *Acartia clausi* among copepod and artifically cultured rotifer, is 85-89% and 81-86% of the sum of the protein and fat, respectively (WATANABE[13]). KLEIBER's[14] figure (p. 87, Fig. 5.8) indicates that the RQ of these animals with such protein content ranges from 0.80 to 0.81. WINBERG[3] proposed the value of 0.8 in fish referring to the earlier works. Here the same value is adopted for the RQ of Hirame larvae.

4. Food digestibility (Assumption-4)

The rate of the digestion of food to the body tissue and energy source for metabolism varies with the nutritional composition of food matters. Though many

Table 2. Carbon content percent of dry weight in fish larvae reported by previous authors

Author	Organisms	*Body size	Carbon (%)	
			Range	Mean
BEERS[7]	unsorted	<2.5 mg	32.6-41.7	37.9
OMORI[8]	*Cyclotone alba*	5.9 mg		41.5
	Symbolophorus evermanni	18.6 mg		37.9
	Englaulis japonica	2.2 mg		46.5
ANRAKU & AZETA[9]	*Pagrus major*	20-80 mm	39-43	
	***Pagrus major*	*30-80 mm	35-41	
EHRLICH[10]	***Clupea harengus*	<18 mm	42.2-44.3	
EHRLICH[11]	***Pleuronectes platessa*	0.1-2.2mg	42.5-44.6	
IKEDA[5]	*Theragra chalcogramma*	0.4 mg		45.8
	Ammodytes sp.	1 mg		45.5
	Scombresocidae	2 mg		43.2
	Callionymus	2 mg		40.0
	Hexagrammos otakii	0.6-3.1mg	40.5-40.8	

* Body dry weight or body length
** Artificially reared specimens

Table 3. Ash content percent of dry weight in zooplankton taxa reported by previous authors

Author	Prot	Coel	Pter	Clad	Cope	Mysd	Amph	Euph	Chae	Tuni	Pisc
NAKAI[17]					2.3		9.3	7.1			
CURL[18]		65.3	40.6		20.2			20.5	21.6	74.2	
OMORI[8]	2.3		39.3		3.4	10.2	20.4	8.2	4.5		9.5
EHRLICH[10]											7.9
EHRLICH[11]											9.8
HIROTA[19]	24.7			11.4	5.5				6.7		

Abbreviations of taxon
Prot : Protozoa
Coel : Ceolenterata
Pter : Pteropoda
Clad : Cladocera
Cope : Copepoda
Mysd : Mysidacea
Amph : Amphipoda
Euph : Euphausiacea
Chae : Chaetognatha
Tuni : Tunicata
Pisc : Pisces

previous data show the digestion rate of the artificially made diet for each nutritional composition in detail, the information on the total budget of natural diet is not always available. A value of 0.8 was introduced by WINBERG[3] from the previous works, and has been applied to the estimation of the amount of food requirement of fish (MANN[15], AZETA and KIMURA[16]). Eel's digestion rate of protein is 0.94 when fed on raw saury and yellow tail's is 0.91 when fed on skipjack, and similar values on lipid are obtained in some fishes fed on artificially compound diet (NOSE[12]). The ash content of zooplankton previously reported varies widely according to authors and taxa (Table 3). It is 5-20% excluding gelatinous organisms and those with shell. Therefore, the ratio of digestion of the whole body of zooplank- ters may be reasonably determined as 0.8.

RESULTS

1. Growth

The body weight data of Hirame larva plotted against days after hatching are shown in Fig. 2. From this the trend of body weight under increasing temperature from 13 to 20°C was introduced:

$$W_n = 0.0418 \cdot e^{0.0704 \cdot t} \qquad (1)$$

where W_n is the body dry weight in mg at t-th day after hatch. At the same time, as mentioned above, certain correction in temperature at each experiment for standardization is needed to apply this to other seasons and/or regions of different temperature. The following regression equation was derived for the body weight W_T at a temperature of T°C under Assumption-1, Q_{10} is 2, assuming that growth is proportional to metabolism.

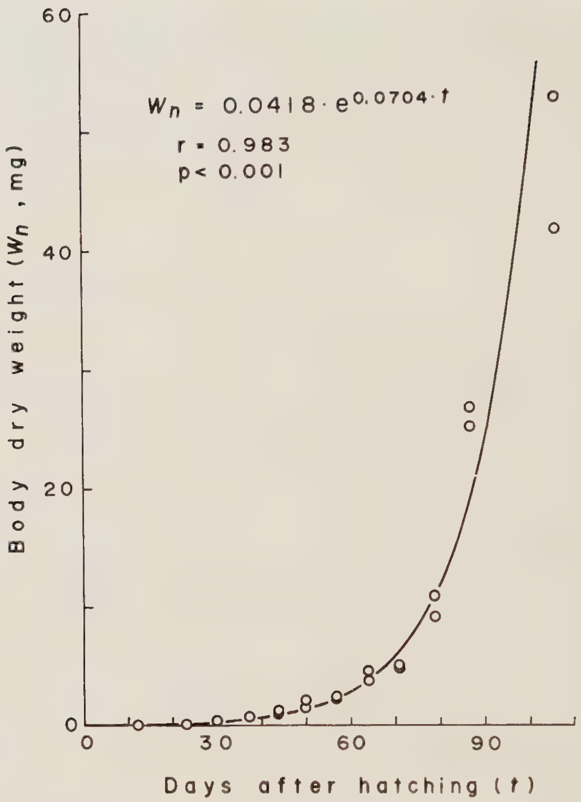


Fig. 2. Growth of the flounder, *Paralichthys olivaceus*, in the cultivation aquarium, February-May, 1983.

$$W_T = 0.0186 \times 2^{\frac{T}{10}} \cdot e^{0.0657 \cdot t} \tag{2}$$

When the carbon/dry weight ratio of the larvae is 0.42 (Assumption-2) Eqs. 1 and 2 are modified to the daily growth or net production on the basis of carbon (P_n, P_T, μg C/animal/day) by differentiation as follows:

$$P_n = \frac{dW_n}{dt} = 1.24 \cdot e^{0.0704 \cdot t} \tag{3}$$

$$P_T = \frac{dW_T}{dt} = 0.514 \times 2^{\frac{T}{10}} \cdot e^{0.0657 \cdot t} \tag{4}$$

Alternately, the reared Hirame larvae achieve the growth by about 7% of their body weight a day. It can be inferred from the readings of the text figure by ISHIBASHI[20] a daily growth of ca. 17% in wet weight for the larva of the same species as the present experiment under a temperature of 20℃. LAURENCE observed in larvae of winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus*, that specific growth rate increased with food concentration from 5.7 to 8.6%[1] and 10.1%[21] a day. These may probably

be higher than that of natural populations because of the rearing conditions with sufficient food. It is of interest to compare these values with those in the natural population on which the data of growth rate should be explored in time to come.

2. Respiration

The respiration rate observed is shown in Fig. 3. The uncorrected and the corrected value with Q_{10} were formulated in the same manner as in the preceeding lines. They are as follows:

$$R_{On}=0.211\cdot e^{0.0594\cdot t}$$

$$R_{OT}=0.0941\times 2^{\frac{T}{10}}\cdot e^{0.0547\cdot t}$$

where R_{On} and R_{OT} are the respiration rate in μl O_2/animal/h on t-th day after hatching under natural conditions and a temperature of T°C, respectively. As the respiration quotient is 0.8 (Assumption-3), daily respiration on the basis of carbon

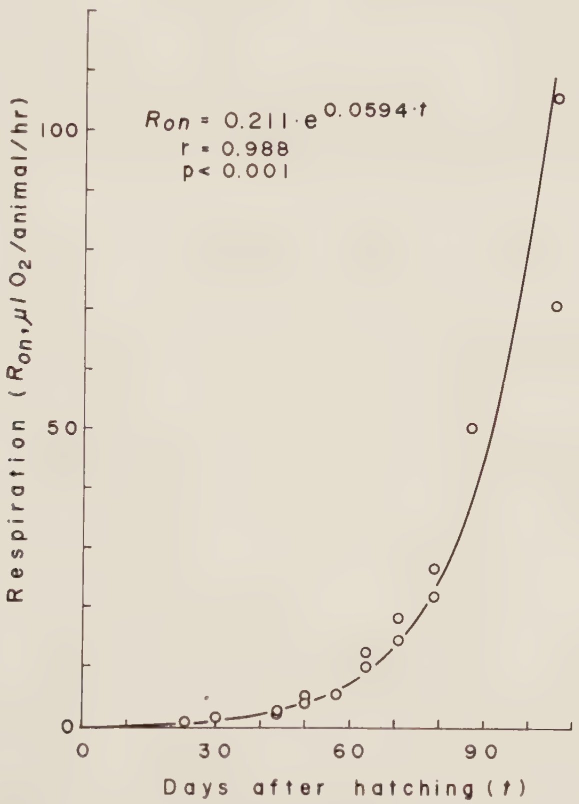


Fig. 3. Change of oxygen consumption of a single individual of the flounder, *Paralichthys olivaceus*, with day, February-May, 1983.

(R_n, R_T, μg C/animal/day) is given as:

$$R_n = 0.8 \times \frac{12}{22.4} \times 24 \cdot R_{On} = 2.17 \cdot e^{0.0594 \cdot t} \tag{5}$$

Similarly,

$$R_T = 0.968 \times 2^{\frac{T}{10}} \cdot e^{0.0547 \cdot t} \tag{6}$$

The respiration rate (R_{OT}, μl O_2/animal/h) against body weight (W_n, mg dry weight/animal) in each experiment was plotted, and the following regression equation (correlation coefficient, 0.831; significant at 0.001 level) was derived when the ambient temperature is T°C.

$$R_{OT} = 1.09 \times 2^{\frac{T}{10}} \cdot W_n^{0.795}$$

The exponent well agrees with the one that has been generally accepted. According to LAURENCE[1] the value for the larvae of winter flounder closely approximated 0.8, while the one for the metamorphosed individuals was low. Also, JOBLING[22] observed lower values for the juvenile plaice, *Pleuronectes platessa*, and pointed out the effect of smaller gill surface in plaices. The variation may be due to experimental methodology and the restriction of measurements to a limited size range of fish (JOBLING[22]). Non-linear regression, a third degree polynomial, once provided the best description of data (LAURENCE[1]).

FOOD REQUIREMENT

Food digestive coefficient (A) is given by

$$A = \frac{P_n + R_n}{F_n} \quad \text{or} \quad A = \frac{P_T + R_T}{F_T}$$

where F_n is food requirement under the natural condition and F_T is food requirement at T°C assuming that excretion other than feces is negligible. The equation is rewritten as:

$$F_n = \frac{P_n + R_n}{A} \quad \text{or} \quad F_T = \frac{P_T + R_T}{A} \tag{7}$$

As food digestive coefficient (A) is 0.8 (Assumption-4), food requirement (F_n, F_T, μg C/animal/day) at t-th day after hatch under increasing temperature and T°C is calculated substituting Eqs. 3 or 4, 5 or 6 and the value of A into Eq. 7.

Tables 4 and 5 summarize the various rates obtained from above processes at 20°C as an example. Hirame larva constantly grows by ca. 7% of its body weight a day. The daily weight specific respiration and the food requirement gradually decreases achieving effective utilization of food with growth.

Table 4. Growth, respiration and food requirement of a single individual of of flounder, *Paralichthys olivaceus*, on the basis of carbon at 20℃ assuming Q_{10} is 2

Days after hatching	Body weight (μg C)	Growth (μg C/ day)	Respiration (μg C/ day)	Food requirement (μg C/ day)
15	83.8	5.5	8.8	17.9
30	225	14.8	20.0	43.4
60	1,613	106	103	262
90	11,580	761	553	1,643

Table 5. Daily weight specific values in growth, respiration and food requirement, ratios of growth and respiration to food reguirement in a single individual of flounder, *Paralichthys olivaceus*, introduced from Table 4

Days after hatching	Daily specific growth	Daily specific respiration	Daily specific food requirement	Growth to food requirement	Growth to respiration
15	0.066	0.105	0.213	0.308	0.492
30	0.066	0.089	0.193	0.340	0.460
60	0.066	0.064	0.162	0.405	0.359
90	0.066	0.048	0.142	0.463	0.337

Integrating F_n and F_{20} (when T is 20°C) the food requirement during their larval pelagic life for 80 days was calculated respectively, as follows:

$$\int_0^{80} F_n \, dt = 11.4(\text{mgC}), \qquad \int_0^{80} F_{20} \, dt = 14.5(\text{mgC})$$

The present experiments on the oxygen consumption were made under the semi-natural light condition at daytime, and larvae performed some movement. The metabolic rate obtained, therefore, may show the level between standard or resting rate and routine rate. Active metabolism must be introduced by multiplication of certain value. LAURENCE[21] mentioned that a multiplier of 2.5 times standard metabolism for an estimate of active metabolism is not unrealistic from the literature survey. The values obtained by EDWARDS[23] for O-group plaice were 2.35 and 2.03. JOBLING[22] stated that the high rate of oxygen consumption induced by feeding in plaice larvae is only maintained for a short period showing approximately 1.33 times the resting rate over the entire period. The present results of the food requirement may rather be underestimated.

Acknowledgements: The author is very grateful to Messrs. M. YANO and M. AZETA of The Laboratory for their guidance and encouragement to start and throughout whole work. Particular thanks are due to the Aquaculture Research Laboratory of Nagasaki Prefecture which made available to him the experimental specimens

and facilities. Acknowledgements are also due to Messrs. Y. TSUKASHIMA and N. YOSHIDA and Dr. C. KITAJIMA of the above mentioned Aquaculture for their hearty and generous cooperation to the experiments.

REFERENCE

1) LAURENCE, G. C. 1975: Laboratory growth and metabolism of the winter flounder *Pseudopleuronectes americanus* from hatching through metamorphosis at three temperatures. *Mar. Biol.*, **32**, 223-229.

2) OMORI, M. and T. IKEDA. 1976: Methods of Zooplankton Ecology. Kyoritsu-Shuppan, Tokyo, 229 pp. (In Japanese)

3) WINBERG, G. G. 1956: Rate of Metabolism and Food Requirements of Fishes. Nauchn. Tr. Belorussovo Gos. Univ. imeni V. I. Lenina, Minsk, 253 pp. (Fish. Res. Board Canada, Transl. Ser., 194, 202 + (32) pp.)

4) EDWARDS, R. R. C., D. M. FINLAYSON and J. H. STEELE. 1969: The ecology of O-group plaice and common dabs in Loch Ewe. II. Experimental studies of metabolism. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, **3**, 1-17.

5) IKEDA, T. 1974: Nutritional ecology of marine zooplankton. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **22**, 1-97.

6) OZAKI, H. 1970: Kokyu no Seiri (Respiration Physiology), "Gyorui Seirigaku Kouza (Fish Physiology Series)" 2, Midori-Shobo, Tokyo, 354 pp. (In Japanese)

7) BEERS, J. R. 1966: Studies on the chemical composition of the major zooplankton groups in the Sargasso Sea off Bermuda. *Limnol. Oceanogr.*, **11**, 520-528.

8) OMORI, M. 1969: Weight and chemical composition of some important oceanic zooplankton in the North Pacific Ocean. *Mar. Biol.*, **3**, 4-10.

9) ANRAKU, M. and M. AZETA. 1973: Difference of body components between artificially reared andnatural sea bream: Larva and young. *Bull. Seikai reg. Fish. Res. Lab.*, (43), 117-131. (In Japanese with English abstract)

10) EHRLICH, K. F. 1974a: Chemical changes during growth and starvation of herring larvae. In "The Early Life History of Fish" (Ed. Blaxter, J. H. S.), pp. 301-323, Springer, Heidelberg, 765 pp.

11) EHRLICH, K. F. 1974b: Chemical changes during growth and starvation of larval *Pleuronectes platessa*. *Mar. Biol.*, **24**, 39-48.

12) NOSE, K. 1980: Gyorui no enerugi taisya (Energetics of fish). In "Gyorui no Eiyo to Shiryou (Nutrition and Foods of Fish)" (Ed. Ogino, C.), pp. 61-80, Koseisha-Koseikaku, Tokyo, 335 pp. (In Japanese)

13) WATANABE, T. 1980: Syubyo seisan to seibutsu shiryo (Massculture of seeds and biological foods). In "Gyorui no Eiyo to Shiryo (Nutrition and Foods of Fish)" (Ed. Ogino, C.), pp. 81-110, Koseisha-Koseikaku, Tokyo, 335 pp. (In Japanese)

14) KLEIBER, M. 1961: The Fire of Life, an Introduction to Animal Energetics. John Wiley, N. Y., 454 pp.

15) MANN, K. H. 1969: The dynamics of aquatic ecosystems. *Advances in Ecological Research*,

6, 1–81.

16) Azeta, M. and S. Kimura. 1971 : Experimental estimation of food requirement of young jack mackerel, *Trachurus japonicus*. *Bull. Seikai reg. Fish. Res. Lab.*, (39), 15–31. (In Japanese with English abstract)

17) Nakai, Z. 1942 : The chemical composition, volume, weight and size of the important marine plankton. *J. oceanogr. Soc. Japan*, **1**, 45–55. (In Japanese)

18) Curl, H., Jr. 1962 : Standing crops of carbon, nitrogen, and phosphorus and transfer between trophic levels, in continental shelf waters south of New York. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. perm. int. Explor. Mer*, (153), 183–189.

19) Hirota, R. 1981 : Dry weight and chemical composition of the important zooplankton in the Setonaikai (Inland Sea of Japan). *Bull. Plankton Soc. Japan*, **28**, 19–24. (In Japanese with English abstract)

20) Ishibashi, N. 1974 : Feeding, starvation and weight changes of early fish larvae. In "The Early Life History of Fish" (Ed. Blaxter, J. H. S.), pp. 339–344, Springer, Heidelberg, 765 pp.

21) Laurence, G. C. 1977 : A bioenergetic model for the analysis of feeding and survival potential of winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus*, larvae during the period from hatching to metamorphosis. *Fish. Bull.*, **75**, 529–546.

22) Jobling, M. 1982 : A study of some factors affecting rates of oxygen consumpti,on of plaice, *Pleuronectes platessa* L. *J. Fish. Biol.*, **20**, 501–516.

23) Edwards, R. R. C. 1967 : Estimation of the respiratory rate of of young plaice (*Pleuronectes platessa* L.) in natural conditions using zinc-65. *Nature*, Lond., (216), 1335–1337.

ヒラメ仔稚の成長，呼吸と食物要求量

森 岡 泰 啓

抄　　録

浮遊生活期ヒラメの食物要求量を算出するため1983年2月上旬の人工ふ化後106日の飼育期間に11回仔稚の体重とウインクラー法による酸素消費量を測定した．飼育と実験の温度は同じ時期の長崎半島尖端部地先海域の水温と同じになるよう設定，およそ13℃から20℃にほぼ直線的に上昇した．1個体のふ化後 t 日目の体重（W，乾重量 mg）と呼吸速度（R，$\mu l\ O_2$/h）はそれぞれ次のとおり．

$$W=0.0418\cdot e^{0.0704\cdot t}$$

$$R=0.211\cdot e^{0.0594\cdot t}$$

仔稚の乾重量に対する炭素量の比を0.42，呼吸商を0.8，そして食物消化率を0.8とすると，浮遊期間である80日間に1個体のヒラメが要求する餌の量は炭素量で11.4mg となる．さらに，上の式を他の季節や海域にも適用できるよう Q_{10} を2と仮定して温度とふ化日数とを関数とする成長速度と呼吸速度の一般式を導いた．

非　売　品

昭和60年３月10日　印刷
昭和60年３月15日　発行

水産庁西海区水産研究所
〒850　長崎市国分町49

印刷人　松尾隆一郎
印刷所　株式会社 隆文社
佐世保市瀬戸越町 260
電話 ㊾ 3306

CONTENTS

(In Japanese with English abstract except* in English)

SEIKAI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

49 KOKUBU-MACHI, NAGASAKI 850

JAPAN